

Bund für
Umwelt und
Naturschutz
Deutschland



Aktuelle Probleme und Gefahren bei deutschen Zwischenlagern für hoch-radioaktive Abfälle

Studie
von Diplom-Physikerin Oda Becker
im Auftrag des BUND.

September 2020

Vorwort

Die Zwischenlagerung hochradioaktiver Abfälle in Deutschland gefährdet Mensch und Natur. Der Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) fordert daher eine zügige und umfassende Überprüfung des gesamten Zwischenlagerkonzepts, denn die aktuelle Sicherung und Sicherheit der Zwischenlager ist teilweise hoch problematisch. Es fehlen Reparatur- und Inspektionsmöglichkeiten, der Schutz beispielsweise gegen potenzielle Terroranschläge bleibt unzureichend, Alterungseffekte wirken auf Behälterkomponenten.

Die aktuelle Suche nach einem tiefeingeologischen Lager darf nicht zu dem Trugschluss führen, dass das Zwischenlagerproblem bald Geschichte sei. Die Genehmigungen für die Zwischenlagerung enden zwischen 2034 und 2047. Der ambitionierte politische Zeitplan sieht vor, dass ein Atommülllager bis 2031 gefunden ist, bis 2050 betriebsbereit und die Einlagerung 2070 abgeschlossen sei. Realistische Berechnungen gehen aber von sehr viel längeren Zeiträumen aus – so denn die Suche nach einem Standort überhaupt Erfolg hat. Demnach ist eine erste Einlagerung erst in etwa 100 Jahren wahrscheinlich. Diese Zeit haben wir nicht.

Das Zwischenlagerproblem darf aber auch nicht zu einer Beschleunigung der Atommülllagersuche auf Kosten von Sicherheit und Partizipation führen. Stattdessen würde die Entwicklung eines neuen Zwischenlagerkonzepts, transparent und in einem breiten öffentlichen Prozess mit umfassenden Beteiligungsmöglichkeiten der Bevölkerung, die politische Glaubwürdigkeit erhöhen – auch im Hinblick auf die Standortauswahl für ein tiefeingeologisches Lager.

Informationen und Rückfragen

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND)

Juliane Dickel, Leitung Atompolitik

Kaiserin-Augusta-Allee 5

10553 Berlin

+49 30 275 86-562

juliane.dickel@bund.net

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	4
1 Einleitung	13
2 Mengen, Lagerung und Verantwortlichkeit	14
2.1 Mengen an abgebrannten Brennelementen und hoch-radioaktiven Abfällen.....	14
2.2 Lagerung der abgebrannten Brennelemente und hoch-radioaktiven Abfälle	15
2.3 Neustrukturierung der Verantwortlichkeit	19
2.4 Export radioaktiver Stoffe	20
3 Erhebliche Verlängerungen der bisher genehmigten Lagerdauern	22
4 Probleme aufgrund der notwendigen langen Zwischenlagerung	26
4.1 Fehlende Erfahrungen und Forschungsbedarf	26
4.2 Fehlende Anforderungen	35
4.3 Fehlende Einrichtungen.....	38
4.4 Mängel in der Qualitätssicherung.....	40
5 Unzureichender Schutz gegen Terrorangriffe	41
5.1 Nachrüstungen gegen SEWD-Ereignisse	41
5.2 Konsequenzen aus dem Brunsbüttel-Urteil	45
<i>Exkurs: Behälter-Beschuss mit einer Panzerabwehrlenkwaffe (ATGW).....</i>	<i>50</i>
6 Spezielle Probleme	53
6.1 Problem: Rückführung der restlichen Abfälle aus der Wiederaufarbeitung	53
6.2 Problem: Fehlende Genehmigung für das Zwischenlager Jülich	58
6.3 Problem: Fehlende Genehmigung für Standort-Zwischenlager Brunsbüttel.....	61
6.4 Problem: Lagerung des waffenfähigen Materials aus FRM II im TBL Ahaus	63
7 (Unnötige) Transporte	66
8 Unplausibles Eingangslager	71
9 Überwachung und Strahlenschutz im Lagerbetrieb.....	73
10 Neubewertungsprozess des Zwischenlagerkonzepts	74
11 Literatur	78

ZUSAMMENFASSUNG

Einleitung

Laut Richtlinie 2011/70/Euratom sind die Mitglieder der Europäischen Union verpflichtet, nationale Programme für die Entsorgung ihrer abgebrannten Brennelemente und radioaktiven Abfälle zu erstellen. Ziel ist die sichere und verantwortungsvolle Entsorgung zum Schutz von Arbeitskräften und Bevölkerung vor ionisierender Strahlung. Künftigen Generationen sollen keine unangemessenen Lasten aufgebürdet werden. Ein Bericht über die Durchführung dieser Richtlinie war erstmalig 2015 vorzulegen und alle drei Jahre zu aktualisieren. Das Nationale Programm (NaPro) ist als das aktuelle Konzept der Bundesregierung zur geplanten Entsorgung der radioaktiven Abfälle zu verstehen.

Der zweite Durchführungsbericht wurde im August 2018 vorgelegt. Die präsentierten Pläne/Konzepte und technischen Lösungen für die Zwischenlagerung der abgebrannten Brennelemente und hochradioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung sind – wie bereits im NaPro 2015 – unzureichend. In Deutschland existieren mehrere schwerwiegende Gründe, die gesamte Situation der Zwischenlagerung derartiger Abfälle neu zu bewerten und das bestehende Zwischenlagerkonzept in Frage zu stellen. Im NaPro werden die existierenden Probleme entweder nicht erwähnt oder ihre Bedeutung wird nicht ausreichend dargestellt.

Die vorgelegte Studie ist eine Aktualisierung der Studie „*Aktuelle Probleme und Gefahren bei deutschen Zwischenlagern*“ von Oktober 2017.

Mengen, Lagerung und Verantwortlichkeit

Insgesamt wird von einem kumulierten Gesamtanfall aller deutschen Kernkraftwerke bis zu ihrer Stilllegung von 16.787 Mg SM¹ ausgegangen. Davon verbleiben 10.114 Mg SM für die direkte Endlagerung in Deutschland.

Am 31.12.2018 befanden sich 6.215 Mg SM an abgebrannten Brennelementen in Behältern in Zwischenlagern (Trockenlagerung) und 2.755 Mg SM in den Lagerbecken der Reaktoren (Nasslagerung). Die in Deutschland noch zu erwartende Menge an abgebrannten Brennelementen aus Leistungsreaktoren lässt sich aufgrund der durch das Atomgesetz festgelegten Laufzeiten bzw. Elektrizitätsmengen relativ gut prognostizieren.

Aus den Nicht-Leistungsreaktoren wird eine Abfallmenge im Bereich von 10 bis 12 Mg SM erwartet. Der bestrahlte Kernbrennstoff befindet sich in den Nasslagern der Forschungsreaktoren in Berlin, Garching und Mainz sowie in 479 Behältern in den Zwischenlagern in Ahaus, Jülich und Lubmin.

Die Zwischenlagerung der abgebrannten Brennelemente und der Abfälle aus der Wiederaufarbeitung soll in Deutschland in Transport- und Lagerbehältern in Lagergebäuden erfolgen. Das Konzept sieht vor, die abgebrannten Brennelemente an den Standorten der Atomkraftwerke zwischenzulagern, bis sie endlagergerecht konditioniert und endgelagert werden. So sollen Brennelementtransporte vermieden werden. An insgesamt zwölf AKW- Standorten befinden sich Standortzwischenlager (SZL). Für die zwölf dezentralen SZL werden zwei Lagerhallenkonzepte (STEAG- und WTI-Konzept) für die Auslegung der Lagerhallen verwendet, die sich in ihrer Schutzfunktion gegen Einwirkungen von außen

¹ MG SM = Megagramm Schwermetall ist ein Maß für den Brennstoffgehalt eines Brennelements.

unterscheiden. Ausnahme bildet das SZL Neckarwestheim, dort werden die Behälter aufgrund der Standortbedingungen in zwei Tunnelröhren im Berg aufbewahrt.

Weiterhin gibt es drei zentrale Zwischenlager, das Transportbehälterlager (TBL) Ahaus, das TBL Gorleben und das Zwischenlager Nord und zusätzlich ein Zwischenlager in Jülich.

Die Brennelemente der Forschungsreaktoren FRM II (München), BER II (Berlin) und TRIGA-Reaktor (Mainz) sollen in das TBL Ahaus verbracht werden. Es ist sicherheitstechnisch wenig vorausschauend diese in das schlechtgeschützte Zwischenlager Ahaus zu transportieren, dessen Betriebsgenehmigung zudem bereits am 31.12.2036 endet.

Mit dem „Gesetz zur Neuordnung der Verantwortung in der kerntechnischen Entsorgung“ wurden langfristig die Verantwortlichkeiten für die Stilllegung und den Rückbau der Atomkraftwerke sowie für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle neu geregelt. Die Durchführung und Finanzierung der Zwischen- und Endlagerung fällt zukünftig in die Verantwortung des Bundes. Es ist zwar zu begrüßen, dass die Atomkraftwerksbetreiber ihre Rückstellungen für die Zwischen- und Endlagerung in einen öffentlich-rechtlichen Fonds übertragen haben. Zu kritisieren ist aber, dass mit dieser Regelung die Betreiber von sämtlichen finanziellen Verpflichtungen befreit werden. Wie sich die Neuregelung der Verantwortlichkeiten auf die Sicherheit der Zwischenlagerung auswirkt, wird sich zeigen müssen. Insbesondere wird sich zeigen müssen, ob es von Vor- oder Nachteil ist, dass der Bund Betreiber und zuständige Genehmigungsbehörde ist.

Nach RL 2011/70/Euratom, Art. 4 Abs. 1, hat jeder Mitgliedstaat die abschließende Verantwortung für die Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle, die in seinem Hoheitsgebiet entstanden sind. Derzeit wird erwogen, die im Zwischenlager Jülich gelagerten abgebrannten Brennelemente zur Wiederaufarbeitung und zum dauerhaften Verbleib in die USA zu exportieren. Dies ist als Verstoß gegen die Zielsetzung der Entsorgung auf nationalem Territorium anzusehen. Der Export von hoch-radioaktiven Abfällen aus Forschungsreaktoren ist laut Atomgesetz (AtG) weiterhin nicht klar untersagt. Das Nationale Begleitgremium (NBG) und der BUND setzen sich weiterhin für ein umfassendes Exportverbot ein.

Erhebliche Verlängerungen der bisher genehmigten Lagerdauern

Die Genehmigungen zur Aufbewahrung der abgebrannten Brennelemente und der Abfälle aus der Wiederaufarbeitung in den Zwischenlagern sind auf 40 Jahre befristet. Das Ende der Genehmigungen für die derzeit betriebenen Zwischenlager (2034-2047) steht nicht in Einklang mit den offiziellen Plänen zur Inbetriebnahme eines geologischen Tiefenlagers (etwa 2050).

Das Problem der zeitlichen Lücke für die Aufbewahrung der abgebrannten Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung wird im NaPro zwar benannt, eine nachvollziehbare Lösung wird aber nicht präsentiert. Laut NaPro sollen einerseits die Genehmigungen für die Zwischenlager verlängert und zum anderen ein Eingangslager am Endlagerstandort errichtet werden. Weder der Zeitraum für die Verlängerung der Zwischenlager noch die Betriebsdauer des Eingangslagers werden im NaPro genannt.

Vor allem aber ist auch die Lagerung hoch-radioaktiver Abfallstoffe in den einzelnen Behältern jeweils auf 40 Jahre befristet. Mit einem Umräumen der Behälter ist die aus der Verlängerung entstehende sicherheitstechnische Problematik nicht gelöst.

Die Endlagerkommission stufte zudem die genannten Daten mit Blick auf die Phasen im Standortauswahlverfahren als unrealistisch ein. Experten rechnen bei realistischer Zeitplanung erst mit einer Einlagerung der **ersten** hoch-radioaktiven Abfälle in etwa 100 Jahren (Jahr 2117). Auch international zeichnet sich klar ab, dass in den meisten Ländern der Zeitbedarf zur Planung, Genehmigung und Errichtung eines Endlagers viel höher sein wird als ursprünglich vorgesehen.

Die Dauer der erforderlichen Verlängerung der Betriebszeit für die deutschen Zwischenlager sollte konservativ ermittelt werden, denn diese bestimmt den Umfang der von der Sicherheitsbehörde geforderten Sicherheitsanalysen und Einrichtungen.

Beschleunigungsmöglichkeiten der Endlagersuche auf Kosten von Sicherheit und Partizipation sind abzulehnen. Daher sollten in einem Abwägungsprozess die Termine für die Standortauswahl und die Inbetriebnahme anhand von plausiblen Überlegungen neu festgelegt werden. Das Vertrauen der Bevölkerung kann nur durch die Angaben von realistischen Zeitplänen gewonnen werden und nicht durch die Verheimlichung der Realität. Auch wenn eine schnellstmögliche Endlagerung der hoch-radioaktiven Stoffe sicherheitstechnisch von Vorteil wäre, ist für eine erfolgreiche d.h. zielführende Endlagersuche ein erheblicher Zeitraum erforderlich, falls kein erneutes Scheitern der Suche riskiert werden soll.

Probleme aufgrund der notwendigen langen Zwischenlagerung

Fehlende Erfahrungen und Forschungsbedarf

Die Frage nach den benötigten Zeiträumen für die Verlängerung der Zwischenlagerung ist von großer Bedeutung: Sie beeinflusst maßgeblich die technischen Erfordernisse für die notwendige Zwischenlagerung zur Sicherstellung der Sicherheit der Zwischenlager bis zur Einlagerung der Abfälle in ein Endlager.

Mit zunehmender Zwischenlagerdauer ist von einer alterungsbedingten Veränderung der Materialien bzw. des Zustandes von Behälterkomponenten und bestrahlten Brennelementen bzw. Kokillen auszugehen. Alterungseffekte können negative Auswirkungen auf die Sicherheit der Zwischenlagerung haben. Alterungseffekte können an zahlreichen Behälterkomponenten auftreten. Sicherheitstechnisch relevant sind Material- und Zustandsänderungen an Metall- und Elastomer-Dichtungen im Deckelsystem, an dem Tragkorb, am Dichtheitsüberwachungssystem und an dem Inventar (Brennelement oder Kokille).

Die Dichtheit und die Integrität der Hüllrohre ist im Zwischenlagerbetrieb nicht direkt prüfbar. Hüllrohre werden jedoch stetig durch Strahlung, Nachzerfallsleistung und Innendruck thermisch und mechanisch belastet. Mögliche negative Konsequenzen (vor allem für Transport und Konditionierung) sind der Verlust der Dichtheit der Hüllrohre und Verlust der mechanischen Integrität der Hüllrohre.

Die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) betonte, dass die experimentelle Datenlage zur Validierung der Methoden zur Bestimmung des Langzeitverhaltens der Brennelemente und der Behälter bislang beschränkt ist. Weitere, auch nationale, Forschungen sind deshalb nötig. Untersuchungsprogramme zum Langzeitverhalten von Behälterkomponenten (z. B. Metalldichtungen) und Inventaren (z. B. Brennstabintegrität) für eine verlängerte Zwischenlagerung sind mit hohem Zeit- und Kostenaufwand verbunden und sollten frühzeitig initiiert werden.

Ein Nachweis, ob nach einer langfristigen Zwischenlagerung das Doppeldeckeldichtsystem auch noch in der Lage ist, einen sicheren Abtransport zu gewährleisten und die Handhabung der Behälter auch noch sicher möglich ist, muss deutlich vor Ablauf der Zwischenlagerzeit geführt werden. Nur so kann die erforderliche Forschung durchgeführt werden und ggf. Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Für die Sicherheitsbewertungen der langen Lagerzeiten müssen zuverlässige Prognosen aufgestellt werden. Detailliertere Untersuchungen im Rahmen eines internationalen Forschungsprojekts zeigen einerseits, dass reale Brennstabtemperaturen deutlich niedriger als die bislang konservativ unterstellten Temperaturen sind. Allerdings liegen andererseits bisher wenig Langzeiterfahrungen/Untersuchungen zu Hochabbrand-Brennelementen vor. Zusätzlich ist es wichtig, das Langzeitverhalten der sehr speziellen Brennstoffe in Deutschland aus Nichtleistungsreaktoren, wie beispielsweise die Brennelemente des AVR und des Forschungsreaktors München (FRM II) zu untersuchen, um die Risiken für langfristige Zwischenlagerung und den anschließenden Transport zu minimieren.

In Deutschland sind zurzeit nur rechnerische Nachweise mit entsprechenden Annahmen möglich. Es ist zurzeit nicht vorgesehen, das Behälterinnere zu untersuchen. Es wird aber von fast allen Expertinnen und Experten immer wieder auf die Notwendigkeit hingewiesen, dass reale Daten über den Zustand im Behälter erforderlich sind, um Prognosen aufstellen zu können. Nur die Aufsichtsbehörde verteidigt öffentlich vehement den Standpunkt, dass eine Behälteröffnung nicht erforderlich ist.

Zu bedenken ist auch, dass der aktuelle Betrieb in deutschen Reaktoren (wie erhöhte Oxidschichtdicken an Brennelement-Hüllrohren) negative Auswirkungen auf die Zwischenlagerung hat. Es traten im Reaktorbetrieb im letzten Jahrzehnt vielfach Brennelementschäden auf.

Fehlende Anforderungen und Einrichtungen

Die bisherigen Anforderungen an Untersuchungen und Sicherheitsnachweise beziehen sich nur auf einen Lagerzeitraum von 40 Jahren. Insofern müssen neue Sicherheitsanforderungen formuliert werden und auch in entsprechenden Leitlinien bzw. im untergesetzlichen Regelwerk festgeschrieben werden.

Aufgrund der notwendigen Verlängerung der Lagerzeit wäre es dringend erforderlich, den Zustand des Behälterinventars und des Tragkorbs sowie weiterer Behälterbauteile zu überprüfen. Viele der theoretischen Berechnungen sind nicht durch praktische Untersuchungen verifiziert. Dies kann nur durch Öffnen von Behältern in einer Heißen Zelle geschehen.

Überprüfungen sollten entweder als Sonderprogramm oder im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) an repräsentativen Stichproben erfolgen. Eine entsprechende Änderung der PSÜ-Leitlinien wäre ein erster Schritt, um die von Experten für erforderlich gehaltenen Untersuchungen durchzuführen.

Die Brennelemente und verglasten Abfälle aus der Wiederaufarbeitung werden in Transport- und Lagerbehältern mit einem Doppeldeckelsystem zwischengelagert. Der innere Deckel (Primärdeckel) und der äußere Deckel (Sekundärdeckel) besitzen je eine Metaldichtung. Wird eine Undichtigkeit am Primärdeckel festgestellt, kann diese nicht im Zwischenlager behoben werden, da der Behälter dann offen wäre.

An allen Standort-Zwischenlagern könnte gegenwärtig das benachbarte Reaktorgebäude als „Heiße Zelle“ genutzt werden. Dies ist aber nur noch eine sehr begrenzte Zeit möglich. Aufgrund der

notwendigen langen Lagerzeiten sollten an allen langfristigen Zwischenlagerstandorten während der gesamten zu erwartenden Betriebszeit „Heiße Zellen“ vorhanden sein, in denen ggf. der Austausch von Primärdeckeldichtungen sowie die Überprüfungen von Inventar und Einbauten im Behälterinnenraum möglich sind.

Nach bisherigen Erfahrungen sind Material- und Komponentenschäden an Behältern aufgrund von Qualitätsmängeln nicht auszuschließen, die insbesondere bei einer langfristigen Zwischenlagerung negative Auswirkungen auf die Sicherheit haben und ein späteres Abtransportieren zum Endlagerstandort erheblich verzögern können. Qualitätsmängel an Behälterkomponenten wirken sich bei einem deutlich längeren Lagerzeitraum stärker aus und müssen daher neu bewertet werden.

Unzureichender Schutz gegen Terrorangriffe

Eine große Menge an hoch-radioaktivem Material muss in Deutschland noch für einen langen Zeitraum oberirdisch gelagert werden. Neben den Fragen der Sicherheit sind auch Aspekte der Sicherung von großer Bedeutung. Die Basis für die Sicherung von Zwischenlagern bildete zunächst der inhärente Schutz durch den Transport- und Lagerbehälter selbst. Es wurde davon ausgegangen, dass dieser einen ausreichenden Schutz gegen gewaltsame Einwirkungen bietet. Die bauliche Auslegung des Zwischenlagergebäudes musste daher keine sicherheitstechnische Funktion erfüllen.

Laut BMU hatte sich zu bestimmten Angriffsszenarien im Nahbereich der Transport- und Lagerbehälter, die zu Schutzzielverletzungen führen können, die Bewertung und Erkenntnislage derart verändert, dass die Sicherungsmaßnahmen optimiert werden müssen. Für alle Zwischenlager wurde daher 2011 in einer Änderungsgenehmigung zur bestehenden Genehmigung eine „Erweiterung des baulichen Schutzes gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD)“ beantragt. Erst für zehn von 16 Zwischenlagern wurden die Genehmigungen bisher – acht Jahre – später erteilt. Es fehlen die Genehmigungen für Brokdorf, Grohnde und Philippsburg. Weiterhin für die Lager in Brunsbüttel und Jülich, die zuzeit keine gültige Betriebsgenehmigung haben, sowie für das Zwischenlager Nord. (Dort sind die geplanten Nachrüstungen nicht durchführbar, daher ist ein Neubau der Halle geplant.) Laut Betreiber und Genehmigungsbehörde sorgen temporäre Maßnahmen derzeit für ausreichenden Schutz.

Im Wesentlichen sollen die Lagerhallen entlang einiger Seiten durch eine zusätzliche zehn Meter hohe und nur 85 cm dicke Mauer geschützt werden. Auch der Zugang der Hallen wird verändert, so dass ein Eindringen von Unbefugten erschwert wird. Ob damit allerdings jeglicher unbefugter Zugang in die Halle verhindert werden kann, ist nicht belegt. Diese Nachrüstungen an den bestehenden Zwischenlagern können die Gefährdung durch einen Terroranschlag geringfügig verringern.

Die Bundesregierung erklärte, dass sie sich mit den Betreibern auf die Nachrüstungen geeinigt hat. Damit wird deutlich, dass nicht die Nachrüstungen erfolgen, die aufgrund der bestehenden Sicherheitsdefizite erforderlich sind, sondern jene, die dem Betreiber zumutbar sind. Es geht bei den Nachrüstungen nicht um Schutz gegen bestimmte Szenarien, sondern dass der Schutz der Gebäude der geforderten Barriereklasse bzw. Widerstandsklasse entspricht.

2013 hob das OVG Schleswig aufgrund einer Klage eines Anwohners die Genehmigung für das Standort-Zwischenlager (SZL) Brunsbüttel auf. In der Klage ging es um die Frage, ob die möglichen Auswirkungen eines gezielten Flugzeugabsturzes und eines Beschusses mit panzerbrechenden Waffen

im Genehmigungsverfahren ausreichend geprüft wurden. Das Gericht stellte dabei mehrere Ermittlungs- und Bewertungsdefizite fest.

Zwar ist ein Gericht nicht für die Prüfung der Sicherheit einer kerntechnischen Anlage zuständig, aber faktisch bedeutet die Feststellung von Ermittlungs- und Bewertungsdefiziten in den Sicherheitsanalysen im Genehmigungsverfahren, dass die Sicherheit nicht nachgewiesen ist. Bei einer genauen Analyse des entsprechenden Urteils wird deutlich, dass sich der Senat inhaltlich tief in die Materie eingearbeitet hat. Es ist nicht so, wie von der Genehmigungsbehörde behauptet, dass die Sicherheitsnachweise vorhanden sind und nur geheim gehalten werden müssen. Es ist vielmehr so, dass im Verfahren deutlich wurde, dass im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen fehlerhaft ermittelt und bewertet wurde.

Auch nach Durchführung der Nachrüstungen („Härtungen“) der Zwischenlager muss davon ausgegangen werden, dass eine bewaffnete und entschlossene Terrorgruppe in der Lage ist, in die Halle einzudringen. Zudem können sogenannte Innentäter (Personen, die im Zwischenlager tätig sind) in die Lagerhalle gelangen. Auf dem Erörterungstermin zur Neugenehmigung des SZL Brunsbüttel am 14./15.6.2017 in Brunsbüttel wurde erläutert, dass gegen einen Flugzeugabsturz keine Nachrüstungen erfolgen sollen. Auch unabhängig von dem Urteil zum Zwischenlager Brunsbüttel muss, insbesondere aufgrund der langen zu erwartenden Lagerzeiträume, eine deutliche Verbesserung des Schutzes der zwischengelagerten abgebrannten Brennelemente und hoch-radioaktiven Abfälle gegen Terrorangriffe erfolgen.

Spezielle Probleme

Rückführung der restlichen Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

Bis zum Jahr 2011 wurden CASTOR-Behälter mit hoch-radioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung in das Zwischenlager Gorleben zurückgeführt. Seit 1. Januar 2014 haben die Energieversorger dafür zu sorgen, dass diese Abfälle in Standort-Zwischenlager transportiert werden.

Von 20 Behältern mit hoch-radioaktivem Abfall aus dem britischen Sellafield sollen je sieben in die SZL Isar und Brokdorf sowie sechs in das SZL Biblis transportiert werden. Hierfür sind Behälter der Bauart CASTOR HAW28M vorgesehen. Diese Transporte sollen ab 2020 erfolgen. Die fünf Behälter mit mittel-radioaktivem Abfall aus dem französischen La Hague sollen frühestens 2021 zum SZL Philippsburg transportiert werden.

Am 19.12.2019 erhielt das SZL Biblis die Genehmigung zur Zwischenlagerung von bundesdeutschen Abfällen aus der Wiederaufarbeitung in Sellafield. (BASE 2020a) Die Änderungsgenehmigungen für die Aufnahme der Behälter aus der Wiederaufarbeitung in die Standort-Zwischenlager sollten im Rahmen von einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) mit Öffentlichkeitsbeteiligung durchgeführt werden. Stattdessen hat die Bundesatomaufsicht hinter verschlossenen Türen Vorgespräche mit den AKW-Betreibern geführt. Auch wenn eine gründliche Prüfung sicherheitstechnisch erforderlich ist, ist unverständlich, dass die Bearbeitungszeit derart lange war. Die erteilte Genehmigung ist unter Aspekten einer langfristigen Sicherheit fragwürdig.

Fehlende Genehmigung für die Zwischenlager Jülich und Brunsbüttel

In Jülich lagern 152 Behälter mit graphithaltigen AVR-Brennelementen ohne gültige Genehmigung. Seit dem 30. Juni 2013 ist die für das Zwischenlager Jülich erteilte Genehmigung nicht mehr gültig. Das

Zwischenlager Jülich wird nunmehr seit mehr als sechs Jahren ohne Genehmigung betrieben, obwohl bereits 2007 – vor mehr als 12 Jahren (!) – eine Verlängerung der Genehmigung beantragt wurde. Dieser Zustand wird vermutlich noch eine Weile andauern. Die fehlenden Nachweise betreffen vor allen Dingen die Erdbebensicherheit. Es werden nun drei Optionen für die Zwischenlagerung der Abfälle geprüft: Export in die Wiederaufbereitungsanlage Savannah River National Lab im US-Bundesstaat South Carolina, Transport in das TBL Ahaus sowie der Neubau eines Zwischenlagers am Standort in Jülich. Statt schnellst möglich eine konstruktive bauliche Verbesserung anzustreben, wird versucht das Problem anderweitig zu lösen.

Mit Urteil des Oberverwaltungsgerichts (OVG) Schleswig (4 KS 3/08) am 19.06.2013 wurde die Genehmigung für das SZL Brunsbüttel aufgehoben; eine Revision wurde nicht zugelassen. Laut Genehmigungsbehörde lässt sich zur Dauer des Genehmigungsverfahrens keine Angabe machen. Auch nach Aufhebung der Genehmigung aufgrund begründeter Zweifel an den Sicherheitsnachweisen werden die Behälter weiter im Zwischenlager aufbewahrt. Rechtsgrundlage für die aktuelle Aufbewahrung der bestrahlten Brennelemente ist eine unbefristete Anordnung der Aufsichtsbehörde.

Anhand der Erfahrungen in Jülich und Brunsbüttel kann antizipiert werden, wie die Situation der Zwischenlager bei Auslaufen der jetzigen Genehmigungen sein wird: Die Behälter werden in aufgrund von Sicherheitsbedenken nicht genehmigten Zwischenlagern noch Jahrzehnte aufbewahrt werden (müssen).

Lagerung des waffenfähigen Materials aus FRM II im TBL Ahaus

Das Transportbehälterlager Ahaus (TBL-A) ist seit 1997 in Betrieb. Es ist geplant, dass ab Mitte/Ende 2020 bis 2036 ca. 21 CASTOR-Behälter mit Brennelementen aus dem FRM II nach Ahaus transportiert werden.

Die abgebrannten Brennelemente des FRM II enthalten 87,5% angereichertes und damit waffenfähiges Uran. Die bestrahlten Brennelemente des FRM II sollen nun über Jahrzehnte in einem relativ schlecht geschützten Zwischenlager in Ahaus lagern, dessen Betriebsgenehmigung zudem bereits 2036 und damit deutlich vor der geplanten Inbetriebnahme des geologischen Tiefenlagers endet. Diese Vorgehensweise ist unter Risikogesichtspunkten unververtretbar.

(Unnötige) Transporte

Insgesamt sind mindestens 150 Transporte von Zwischenlagern zu dem Standort des geologischen Tiefenlagers zu erwarten. Daher sollten diese erst erfolgen, wenn das geologische Tiefenlager sicher in Betrieb genommen wird. Verfrühte Transporte zu einem vermeintlichen Eingangslager können eine ganze Reihe unnötiger Transporte zur Folge haben.

Zudem stehen noch einige Transporte mit der Rückführung der hoch- und mittel-radioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung nach Deutschland aus. Der erste soll noch im Frühjahr 2020 von Sellafield nach Biblis erfolgen. Weiterhin ist geplant die bestrahlten Brennelemente aus den Forschungsreaktoren in das TBL Ahaus zu transportieren. Dorthin sollen eventuell auch die gelagerten Behälter aus dem Zwischenlager in Jülich erfolgen.

Ein Integritätsverlust eines Behälters während des Transports durch einen Unfall oder einen Terrorangriff würde massive Strahlendosen in der Umgebung verursachen.

In 2017 erfolgte die Überführung von 15 Behältern von Obrigheim zum SZL Neckarwestheim in fünf Schiffstransporten. Die Behälter wurden unter einer dünnen Einhausung transportiert. Für die Transporte wurde im Vorfeld ermittelt, welche möglichen Strahlenbelastungen bei dem Beschuss mit einer panzerbrechenden Waffe resultieren würden. Bei einem Beschuss sollen sich die Lamellenfenster der Einhausung automatisch schließen, so dass die radioaktiven Stoffe nur durch das Einschussloch freigesetzt werden können und nur ein Teil der aus dem Behälter freigesetzten radioaktiven Stoffe in die Atmosphäre freigesetzt werden kann. Für die genannte Abschätzung (1 % der radioaktiven Stoffe aus dem Behälter) werden keine wissenschaftlichen Belege gegeben. Insgesamt ist weder plausibel noch belegt, dass die Automatik die Lamellen schnell und insbesondere ausreichend dicht schließen kann. Insofern muss davon ausgegangen werden, dass die Freisetzung radioaktiver Stoffe aus der Lagerhalle eines Standort-Zwischenlagers vergleichbar mit der Freisetzung aus der Einhausung bei Transport eines Behälters ist.

Es ist wenig nachvollziehbar, warum ohne vorhandenes Gesamtkonzept für die langfristige Zwischenlagerung aktuell Transporte erfolgen. So kann nicht ausgeschlossen werden, dass die hoch-radioaktiven Stoffe häufiger und über größere Strecken als erforderlich transportiert werden müssen. Das gilt auch und insbesondere für die Transporte aus Nicht-Leistungsreaktoren zum TBL Ahaus. Besonders problematisch ist, dass der FRM II mit hoch angereichertem Uran betrieben wird, das für den Bau von Atombomben verwendet werden kann (Proliferationsrisiko).

Dezentrale Zwischenlager direkt an den Standorten der Erzeugung sind gegenüber zentralen Lagern vorzuziehen, da sie die erforderlichen Transporte von radioaktiven Stoffen und das damit verbundene Risiko minimieren. Das gilt aber nur dann, wenn die Zwischenlager ausreichend geschützt sind. Ein durch konstruktive Maßnahmen gesicherter Transport in ein besser gesichertes Lager kann insgesamt die Risiken für die Bevölkerung minimieren. In einem Abwägungsprozess sollten die Risiken von notwendigen Lagerungen und Transporten im Rahmen eines Gesamtkonzeptes für die Zwischenlagerung bewertet werden. Die dennoch notwendigen Transporte sollten unter geeigneten konstruktiven Sicherungsmaßnahmen erfolgen.

Unplausibles Eingangslager

Um die zeitliche Lücke zwischen dem Ende der Zwischenlagereignisgenehmigungen und der Inbetriebnahme des Endlagers zu schließen, sieht das NaPro die schnelle Errichtung eines großen Eingangslagers am Endlagerstandort vor.

In diesen Planungen wird ausgeblendet, dass eine Inbetriebnahme um das Jahr 2050 von vielen Experten für unrealistisch gehalten wird. Zudem wird die Einlagerung selbst voraussichtlich 20-30 Jahre andauern. Das zentrale Eingangslager kann laut NaPro bereits nach der ersten Teilgenehmigung des Endlagers errichtet werden. Mit der ersten Teilgenehmigung für das Endlager besteht jedoch weder Rechtssicherheit noch die Garantie, dass das Endlager tatsächlich in Betrieb genommen wird. Insofern könnten, falls sich der Standort als ungeeignet für ein Endlager herausstellt, eine Vielzahl von Transporten an einen neuen Standort erforderlich sein.

Auch die Endlagerkommission wies auf mögliche Schwierigkeiten mit dem Eingangslager hin: Die Konzentration eines Großteils der hoch-radioaktiven Abfallstoffe im Eingangslager am Endlagerstandort kann die Legitimität der Standortauswahl im Nachhinein beeinträchtigen, vor allem

wenn die hoch-radioaktiven Abfälle länger im Eingangslager verbleiben. Wenn dieses Lager errichtet wird bevor das Endlager eine rechtskräftige Genehmigung hat, entsteht der Eindruck einer Vorentscheidung, der Zweifel an der Rechtmäßigkeit des Verfahrens auslösen kann. Insgesamt sollten zur Minimierung von Risiken die Behälter erst dann zum Eingangslager transportiert werden, wenn ihre Konditionierung und Einlagerung absehbar bevorsteht; die Kapazität des Eingangslagers sollte entsprechend gewählt werden.

Überwachung und Strahlenschutz im Lagerbetrieb

Für das Verhalten der Materialien, welche die Dichtheit bzw. deren Überwachung gewährleisten sollen, fehlen die Nachweise über die wahrscheinlich notwendige, lange Lagerzeit. Eine kontinuierliche Messung der Raumluft im Lagergebäude bzw. der Abluft würde ein diversitäres Element in der Überwachung des Zwischenlagers darstellen. International ist eine Überwachung der Raumluft in Zwischenlagern für abgebrannte Brennelemente mit vergleichbarem Lagerkonzept durchaus üblich.

In den letzten Jahren zeigt sich nach Auffassungen einiger Forschungsgruppen, dass ionisierende Strahlung bereits im Niedrigdosisbereich negative Wirkungen hat. Es wird u.a. vom BUND gefordert, dass internationale und nationale Grenzwerte im Strahlenschutz überarbeitet und gesenkt werden. Diese Fragestellungen und die Gewährleistung eines erweiterten Strahlenschutzes der Bevölkerung müssen aufgrund der langen Betriebszeit der Zwischenlager dringend öffentlich diskutiert werden.

Neubewertungsprozess des Zwischenlagerkonzepts

Insgesamt zeichnet sich international klar ab, dass in den meisten Ländern der Zeitbedarf zur Planung, Genehmigung und Errichtung eines Endlagers viel höher sein wird als ursprünglich vorgesehen. Die zeitliche Befristung der Betriebsgenehmigung für die Zwischenlagerung der hoch-radioaktiven Abfälle birgt eine politisch-gesellschaftliche Herausforderung.

Eine risikoarme Zwischenlagerung ist eine Grundbedingung für eine erfolgreiche Endlagersuche. Aufgrund der voraussichtlichen langen Lagerzeit ergeben sich eine Reihe von zusätzlichen Anforderungen an die Zwischenlagerung. Diese betreffen nicht nur die Sicherheit und die Sicherung, sondern auch Anforderungen an das Personal (insbesondere Knowhow-Erhalt) und die Organisation (Veränderung der Betreibergesellschaften) sowie an die Akzeptanz an den Standorten.

Zwei deutsche Zwischenlager besitzen seit Jahren aufgrund fehlender Sicherheitsnachweise keine gültigen Genehmigungen, sondern lagern die abgebrannten Brennelemente aufgrund aufsichtlicher Anordnungen. Es wäre fatal, aus diesen Fehlern nicht zu lernen und abzuwarten, bis eine derartige Situation erneut eintritt. Daher muss frühzeitig eine umfassende Überprüfung des gesamten Zwischenlagerkonzepts erfolgen. Vernünftig erscheint die Idee, das Zwischenlagerkonzept regelmäßig umfassend zu überprüfen, um eine Verzahnung mit dem Endlagerkonzept zu ermöglichen.

Ein transparentes Verfahren für die Entwicklung eines neuen Zwischenlagerkonzepts mit einer umfassenden Bürgerbeteiligung wäre ein erforderlicher und zudem ein wirksamer Schritt in Richtung einer erfolgreichen Standortauswahl für ein geologisches Tiefenlager.

1 Einleitung

Laut RL 2011/70/Euratom des Rates „über einen Gemeinschaftsrahmen für die verantwortungsvolle und sichere Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle“ sind die Mitglieder der Europäischen Union verpflichtet, nationale Programme für die Entsorgung ihrer abgebrannten Brennelemente und radioaktiven Abfälle zu erstellen. (EU-RL 2011) Diese Programme müssen alle Stufen der Entsorgung umfassen. Ziel ist die sichere und verantwortungsvolle Entsorgung zum Schutz von Arbeitskräften und Bevölkerung vor ionisierender Strahlung. Künftigen Generationen sollen keine unangemessenen Lasten aufgebürdet werden. Diese Nationalen Programme sollen alle drei Jahre der Europäischen Kommission vorgelegt werden. Erstmals musste dieses bis zum 23. August 2015 erfolgen.

Im Folgenden wird das von der Bundesregierung vorgelegte Nationale Programm (NaPro) (BMUB 2015g) bezüglich der Angaben zur Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente und hoch-radioaktiver Abfälle diskutiert. Denn das NaPro ist als das aktuelle Konzept der Bundesregierung zur geplanten Entsorgung der radioaktiven Abfälle zu verstehen. Die Richtlinie 2011/70/Euratom verpflichtet die Mitgliedstaaten der Europäischen Union (EU) den Bericht über die Durchführung dieser Richtlinie (Durchführungsbericht) vorzulegen und alle drei Jahre zu aktualisieren. Der zweite Durchführungsbericht wurde im August 2018 vorgelegt. (BMU 2018a)

Die im aktualisierten NaPro präsentierten Pläne/Konzepte und technischen Lösungen für die Zwischenlagerung der abgebrannten Brennelemente und hoch-radioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung sind – wie bereits im NaPro 2015 – unzureichend. In Deutschland existieren mehrere schwerwiegende Gründe, die gesamte Situation der Zwischenlagerung derartiger Abfälle neu zu bewerten und das bestehende Zwischenlagerkonzept in Frage zu stellen. Im NaPro werden die existierenden Probleme entweder nicht erwähnt oder ihre Bedeutung wird nicht ausreichend dargestellt.

In der hier vorgelegten Studie werden die Probleme der Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen und hoch-radioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung diskutiert. In Kapitel 2 werden zunächst Mengen und Standorte der Lagerung sowie Verantwortlichkeiten beschrieben. Dann werden in Kapitel 3 und 4 die notwendige Verlängerung der Genehmigung der Zwischenlager und die daraus resultierenden Probleme diskutiert. In Kapitel 5 wird der unzureichende Schutz gegen potenzielle Terroranschläge thematisiert.

In Kapitel 6 werden exemplarisch weitere aktuelle Probleme der derzeitigen Zwischenlagerung erörtert. Kapitel 7 thematisiert das Transportrisiko. In Kapitel 8 wird die Idee eines Eingangslagers am Standort des zukünftigen geologischen Tiefenlagers beleuchtet. Eine deutliche Verlängerung der Betriebszeit kann auch Implikationen auf die Freisetzungsüberwachung im sogenannten Normalbetrieb der Zwischenlager haben (siehe Kapitel 9). Insgesamt ist ein Neubewertungsprozess des Zwischenlagerkonzepts erforderlich, in welchem die Risiken der verschiedenen Optionen abgewogen werden. Dieser wird im abschließenden Kapitel 10 thematisiert.

Die vorgelegte Studie ist eine Aktualisierung der Studie „*Aktuelle Probleme und Gefahren bei deutschen Zwischenlagern*“ von Oktober 2017 (BUND 2017b). Dargestellt wird meist der Stand zum 31.12.2019. Vorbemerkung: Genehmigungsbehörde war bis 31.12.2019 das Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (**BfE**), seit 1.1.2020 ist dies umbenannt in Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (**BASE**).

2 Mengen, Lagerung und Verantwortlichkeit

2.1 Mengen an abgebrannten Brennelementen und hoch-radioaktiven Abfällen

Insgesamt wird von einem kumulierten Gesamtanfall aller deutschen Kernkraftwerke bis zu ihrer Stilllegung von **16.787 Mg SM²** ausgegangen. Diese Menge setzt sich wie folgt zusammen:

- **6.673 Mg SM** wurden bisher zur Wiederaufarbeitung (WAK (Karlsruhe), Ausland: Cogema/Frankreich, BNFL/Großbritannien, UdSSR, Eurochemic/Belgien), zur dauerhaften Lagerung (CLAB/Schweden) oder zur Weiterverwendung (Paks/ Ungarn) abtransportiert.
- **10.114 Mg SM** verbleiben für die direkte Endlagerung in Deutschland.

Am 31.12.2018 befinden sich 6.215 Mg SM an abgebrannten Brennelementen in der Trockenlagerung (in Behältern in Zwischenlagern) und 2.755 Mg SM in der Nasslagerung (in den Lagerbecken der Reaktoren).³ (GRS 2019a)

In den deutschen Zwischenlagern wurden am 31.12.2018 insgesamt 1275 Behälter mit bestrahlten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung aufbewahrt. In den 12 Standortzwischenlagern sind es insgesamt 607 Behälter, in den drei zentralen Zwischenlagern (Ahaus, Gorleben, Zwischenlager Nord) insgesamt 668 Behälter. In 2018 wurden 62 neue Behälter eingelagert. Die meisten Behälter wurden in Isar (17 Behälter), Biblis (10 Behälter), Grafenrheinfeld (9 Behälter) in die Zwischenlager eingestellt. Anzumerken ist noch, dass sich an den Standorten Brunsbüttel, Krümmel, Unterweser, Biblis, Philippsburg, Neckarwestheim und Isar Behälter befinden, die teilbeladen sind. (GRS 2019a)

Verglaste hoch-radioaktive Abfälle lagern unverändert gegenüber 2015 in Form von 3.164 Kokillen in 113 Behältern im Transportbehälterlager (TBL) Gorleben⁴ und dem Zwischenlager Nord.⁵ (BMUB 2015e, BMU 2018b)

Die aus **Nicht-Leistungsreaktoren**⁶ stammende Menge bestrahlter Kernbrennstoffe ist laut NaPro deutlich geringer, als die zu entsorgende Menge aus Leistungsreaktoren. Aus den Nicht-Leistungsreaktoren wird eine Abfallmenge im Bereich von 10 bis 12 Mg SM erwartet. (BMU 2018b) Der bestrahlte Kernbrennstoff befindet sich in den Nasslagern der Forschungsreaktoren in Berlin, Garching und Mainz sowie in 479 Behältern in den Zwischenlagern. (BMU 2018a) Die abgebrannten Brennelemente aus den deutschen Versuchs- und Demonstrationsreaktoren⁷ lagern zurzeit in 461 Behältern im Zwischenlager Ahaus (305 Behälter), im Forschungszentrum Jülich (152) und im

² MG SM = Megagramm Schwermetall ist ein Maß für den Brennstoffgehalt (Uran, Plutonium und Thorium) eines Brennelements.

³ Zum Stichtag 31.12.2018 befanden sich noch 761 Mg SM in den Reaktorkernen.

⁴ 108 Behälter mit HAW-Glaskokillen, die aus der Wiederaufarbeitung deutscher Brennelemente bei der AREVA NC in La Hague (Frankreich) stammen.

⁵ 5 Behälter aus der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK)

⁶ Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren

⁷ Versuchs- und Demonstrationsreaktoren (inzwischen alle in Stilllegung oder bereits abgebaut): AVR (Jülich), HDR (Großwelzheim), VAK (Kahl), KKN (Niederaichbach), KNK II (Karlsruhe), MZFR (Karlsruhe), THTR-300 (Hamm) und das Nuklearschiff Otto-Hahn (Geesthacht).

Zwischenlager Nord (4). Die aus Forschungsreaktoren stammende Menge bestrahlter Brennelemente lagert in 18 Behältern im Zwischenlager Ahaus.

Bewertung

Mit dem als Folge des Reaktorunfalls in Fukushima verabschiedeten 13. Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes wurden für die einzelnen Reaktoren definierte Zeitpunkte festgelegt, bis zu denen die Berechtigung zum Leistungsbetrieb für die Stromerzeugung erlischt, und zwar

- für Grafenrheinfeld, der 31. Dezember 2015,
- für Gundremmingen B, der 31. Dezember 2017,
- für Philippsburg 2, der 31. Dezember 2019,
- für Grohnde, Gundremmingen C und Brokdorf, der 31. Dezember 2021,
- für Isar 2, Emsland und Neckarwestheim 2, der 31. Dezember 2022.

Die AKWs Biblis A, Biblis B, Brunsbüttel, Isar 1, Krümmel, Neckarwestheim I, Philippsburg 1 und Unterweser blieben seit 2011 dauerhaft abgeschaltet.

Die in Deutschland noch zu erwartende Menge an abgebrannten Brennelementen aus Leistungsreaktoren lässt sich aufgrund der durch das Atomgesetz festgelegten Laufzeiten bzw. Elektrizitätsmengen relativ gut prognostizieren. Aus unterschiedlichen Gründen kann sich die restliche Betriebszeit der noch betriebenen sechs deutschen Atomkraftwerke verkürzen (z.B. Klage gegen die Betriebsgenehmigung, Petition für das vorzeitige Betriebsende, vorzeitiges Betriebsende aufgrund technischer Probleme und vorzeitiges Betriebsende aus wirtschaftlichen Gründen...).

Auch wenn die Menge an Kernbrennstoff aus Nicht-Leistungsreaktoren geringer ist als die aus den Leistungsreaktoren, ist es dennoch eine große Menge an hoch-radioaktiven Stoffen. Diese müssen noch für einen langen Zeitraum sicher bzw. risikoarm gelagert werden.

2.2 Lagerung der abgebrannten Brennelemente und hoch-radioaktiven Abfälle

Die Zwischenlagerung der abgebrannten Brennelemente und der Abfälle aus der Wiederaufarbeitung soll in Deutschland in Transport- und Lagerbehältern in Lagergebäuden erfolgen. Die aus den Reaktoren entladenen Brennelemente werden zunächst mehrere Jahre in den Lagerbecken innerhalb des Reaktorgebäudes aufbewahrt, bevor sie in Transport- und Lagerbehälter umgeladen werden.

Ende 2018 wird noch etwa ein Drittel der abgebrannten Brennelemente (bezogen auf die Mg SM) in den Lagerbecken der jeweiligen Reaktoren nass gelagert. (siehe Tabelle 1)

Tabelle 1: In den Atomkraftwerken noch nassgelagerte Menge an Brennelementen (GRS 2019a)

Atomkraftwerk	Abk.	Anzahl BE	Mg SM
Brokdorf	KBR	475	257
Grohnde	KWG	446	243
Emsland	KKE	389	209
Philippsburg 2	KKP 2	541	293
Neckarwestheim 2	GKN 2	437	235
Gundremmingen C	KRB C	2.134	371
Isar 2	KKI 2	440	235

Brunsbüttel	KKB	0	0
Krümmel	KKK	0	0
Unterweser	KKU	0 ¹⁾	0 ¹⁾
Biblis A	KWB A	0	0
Biblis B	KWB B	0 ²⁾	0 ²⁾
Philippsburg 1	KKP 1	0	0
Neckarwestheim I	GKN I	0	0
Isar 1	KKI 1	876	152
Grafenrheinfeld	KKG	426	229
Gundremmingen B	KRB B	2.804	488

¹⁾ 87 Sonderbrennstäbe in 3 Köchern, ²⁾ 274 Sonderbrennstäbe in 9 Köchern

Das Konzept der Bundesrepublik Deutschland sieht vor, die abgebrannten Brennelemente an den Standorten der Atomkraftwerke zwischenzulagern, bis sie endlagergerecht konditioniert und endgelagert werden. So sollen Brennelementtransporte vermieden werden. An insgesamt zwölf AKW-Standorten befinden sich Standortzwischenlager (SZL).⁸

Für die **12 dezentralen Standort-Zwischenlager (SZL)** werden zwei Lagerhallenkonzepte (STEAG- und WTI-Konzept) für die Auslegung der Lagerhallen verwendet, die sich in ihrer Schutzfunktion gegen Einwirkungen von außen unterscheiden. Ausnahme bildet das SZL Neckarwestheim, dort werden die Behälter aufgrund der Standortbedingungen in zwei Tunnelröhren im Berg aufbewahrt.

Tabelle 1: Standortzwischenlager in Deutschland an den AKW-Standorten

Standort	Genehmigung	Erste Einlagerung / Inbetriebnahme	Ende Betriebsgenehmigung	Masse Schwermetall (MgSM)	Aktivität (Bq)	Wärmeleistung (MW)	Behälterstellplätze: genehmigt	Behälterstellplätze: benötigt	Behälterstellplätze: belegt
<i>STEAG-Konzept</i>									
Lingen	06.11.2002	10.12.2002	09.12.2042	1.250	6,9 * 10 ¹⁹	4,7	125	86	47
Grohnde	20.12.2002	27.04.2006	26.04.2046	1.000	5,5 * 10 ¹⁹	3,75	100	75	34
Unterweser	22.09.2003	18.06.2007	17.06.2047	800	4,4 * 10 ¹⁹	3,0	80	40	39
Brokdorf ¹	28.11.2003	05.03.2007	04.03.2047	1.000	5,5 * 10 ¹⁹	3,75	100	82	33
Brunsbüttel²	28.11.2003	05.02.2006	04.02.2046	200	4,0 * 10¹⁹	0,3	24	20	20
Krümmel	19.12.2003	14.11.2006	13.11.2046	775	9,6 * 10 ¹⁹	3,0	65	42	41
<i>WIT-Konzept</i>									
Gundremmingen	19.12.2003	25.08.2006	24.08.2046	1.850	2,4 * 10 ²⁰	6,0	192	178	60
Isar ¹	22.09.2003	12.03.2007	11.03.2047	1.500	1,5 * 10 ²⁰	6,0	152	124	59
Grafenrheinfeld	12.02.2003	27.02.2006	26.02.2046	800	5,0 * 10 ¹⁹	3,5	88	54	30
Philippsburg ¹	19.12.2003	19.03.2007	18.03.2047	1.600	1,5 * 10 ²⁰	6,0	152	107	62
Biblis ¹	22.09.2003	18.05.2006	17.05.2046	1.400	8,5 * 10 ¹⁹	5,3	135	108	101
<i>Tunnel</i>									
Neckarwestheim	22.09.2003	06.12.2006	05.12.2046	1.600	8,3 * 10 ¹⁹	3,5	151	127	81

¹ Betreiber hat die Aufbewahrung von 7 Behältern mit hochradioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung bundesdeutscher Abfälle im Ausland beantragt.

² Aktuell keine gültige Aufbewahrungsgenehmigung; die Aufbewahrung erfolgt auf Basis einer aufsichtlichen Anordnung. Neuantrag wurde 2015 gestellt

⁸ Eine Ausnahme stellt das stillgelegte AKW Obrigheim dar, dessen abgebrannte Brennelemente 2018 aus dem dortigen Nasslager in das SZL Neckarwestheim transportiert wurden. Das zunächst am Standort Obrigheim geplante Zwischenlager wurde nicht errichtet. Ein Antrag zur Errichtung eines Trockenlagers am Standort Obrigheim wurde am 13. Februar 2018 seitens des Betreibers zurückgezogen.

Die drei **zentralen Zwischenlager** sind das Transportbehälterlager (TBL) **Ahaus** (genehmigt 1997), das TBL **Gorleben** (genehmigt 1995) und das Zwischenlager Nord.

Im TBL Gorleben sind 113 der 420 Stellplätze mit Behältern belegt. Bisher besteht nur für das TBL Gorleben eine Genehmigung zur Aufbewahrung für die aus der Wiederaufarbeitungsanlage La Hague zurückgeführten hochradioaktiven Glaskokillen. Aktuell befinden sich im TBL Gorleben fünf Behälter mit abgebrannten Brennelementen und 108 Behälter mit HAW-Glaskokillen, die aus der Wiederaufarbeitung deutscher Brennelemente bei der AREVA NC in La Hague (Frankreich) stammen. Weitere Einlagerungen sind in das TBL Gorleben nicht geplant.

Im TBL Ahaus sind 68 der 420 Stellplätze belegt. Neben sechs Behältern mit abgebrannten Brennelementen aus Leistungsreaktoren werden auch 323 Behälter mit abgebrannten Brennelementen aus Forschungsreaktoren⁹ aufbewahrt. (305 Behälter mit THTR/AVR-Brennelementen und 18 CASTOR MTR2 Behälter mit Forschungsreaktor-Brennelementen aus Rossendorf). Weitere Einlagerungen von Nicht-Leistungsreaktoren sind geplant (siehe unten).

Für die abgebrannten Brennelemente der stillgelegten AKWs Greifswald und Rheinsberg wurde 1999 ein weiteres zentrales Zwischenlager bei Rubenow (**Zwischenlager Nord**) in Betrieb genommen. (BMUB 2014b) Im Zwischenlager Nord werden 74 Behälter (80 Stellplätze) aufbewahrt. Das derzeitige Lager kann aber die bestehenden Anforderungen nicht erfüllen und wird daher neu errichtet. (siehe Kapitel 5.1)

Seit 1993 existiert das **Zwischenlager Jülich** für die Aufbewahrung der bestrahlten kugelförmigen Brennelemente des stillgelegten AVR-Versuchsreaktors. Dort lagern 152 Transport- und Lagerbehältern des Typs CASTOR THTR/AVR. Betreiber ist die Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen mbH (JEN). Seit dem 30. Juni 2013 fehlt dem Zwischenlager die Genehmigung (Kapitel 6.2).

Tabelle 2: Zentrale Zwischenlager und das Zwischenlager Jülich

Zentrale Zwischenlager	Genehmigung	Ende Betriebsgenehmigung	Behälterplätze genehmigt	Behälterplätze belegt
Gorleben	1995	2034	420	113
Ahaus	1992	2036	420	56
Lubmin	1999	2039	80	74
Forschungszentrum				
Jülich ¹	1993	2013	158	152

¹Aktuell keine gültige Aufbewahrungsgenehmigung; die Aufbewahrung erfolgt auf Basis einer aufsichtlichen Anordnung

Eine von drei untersuchten Optionen zur Räumung des Zwischenlagers Jülich ist die Verbringung der Behälter in das Zwischenlager in Ahaus. Dorthin sollen zudem die noch in Deutschland vorhandenen und noch erzeugten abgebrannten Brennelemente aus den Forschungsreaktoren verbracht werden:

Der **Forschungsreaktor München II** (FRM II) wird mit hochangereichertem Uran (HEU, Highly Enriched Uranium, Anreicherung 93 Prozent) betrieben. Die FRM II-Brennelemente sollen in das TBL Ahaus verbracht werden. (siehe Kapitel 6.4)

⁹ Bei der Lagerbelegung ist zu beachten, dass 6-7 dieser Behälter einen Stellplatz einnehmen.

Die abgebrannten Brennelemente aus dem **Forschungsreaktor BER II** in Berlin wurden bisher an das amerikanische Department of Energy (DoE) zurückgegeben. Am 26. Juni 2017 wurde letztmalig ein Transport mit bestrahlten Brennelementen aus dem BER II in die USA durchgeführt.¹⁰ (BMUB 2017a) Nach neuer Rechtslage ist eine Ausfuhr abgebrannter Brennelemente nur noch in Ausnahmefällen möglich. Weitere abgebrannte Brennelemente sollen in das TBL Ahaus verbracht werden. Ein entsprechender Vorvertrag liegt vor. Im Sommer 2018 hat der Betreiber des Berliner Forschungsreaktors (BER II), Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB), der BGZ seine Absicht mitgeteilt, abgebrannte Brennelemente des BER II in Ahaus zwischenlagern zu wollen. Die Lagerung soll in drei Behältern vom Typ CASTOR MTR3 erfolgen; mit dem Transport ist aber nicht vor 2023 zu rechnen. Ein Antrag zur Zwischenlagerung wurde bereits 1995 gestellt; da aber absehbar war, dass das HZB zu dem damaligen Zeitpunkt die Genehmigung nicht nutzen würde, wurde der Antrag 2004 zurückgestellt. Aufgrund ihrer vertraglichen Verpflichtungen gegenüber dem HZB nimmt die BGZ das Genehmigungsverfahren wieder auf.

Der **TRIGA-Reaktor (Mainz)** hat einen Lebenszeitkern.¹¹ Insgesamt sind 89 Brennelemente am Standort vorhanden.¹² Es ist beabsichtigt, die bestrahlten Brennelemente im TBL Ahaus zwischenzulagern. (KOMMISSION 2015a)

Bewertung

Im Falle von Stör- oder Unfällen in Zwischenlagern für abgebrannte Brennelemente und hoch-radioaktive Abfälle ist grundsätzlich eine Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Atmosphäre möglich.

Unter dem Gesichtspunkt potenzieller unfallbedingter Auswirkungen ist eine trockene Zwischenlagerung in Behältern gegenüber der Nasslagerung zu bevorzugen, da zum einen die Anfälligkeit für Störfälle geringer ist und zum anderen die Freisetzungsmengen radioaktiver Stoffe im Falle eines Unfalls geringer wären (da im Allgemeinen nicht gleichzeitig eine große Menge von Brennelementen vom Unfall betroffen ist). Das gilt zumindest dann, wenn der Schutz des Gebäudes und/oder der Behälter ausreichend ist.

Die Bundesregierung ging noch im Jahr 2014 davon aus, dass in den acht in 2011 abgeschalteten AKWs in den Jahren 2016 bzw. 2017 Brennstofffreiheit hergestellt werden kann. Es traten aber erhebliche Verzögerungen auf, unter anderem, wegen Unvollständigkeit der Antragsunterlagen für die verkehrsrechtliche Behälterzulassung des CASTOR V/52 und wegen fehlender Konzepte für den Umgang mit beschädigter und/oder unvollständig abgebrannter Brennstäbe (DBT 2015a).

Inzwischen sind fast alle stillgelegten AKWs bis auf die bayrischen AKWs (Isar 1, Grafenrheinfeld, Gundremmingen B) brennstofffrei.

Trotz der potenziellen Gefahr, die von den in Lagerbecken der stillgelegten Atomkraftwerke aufbewahrten Brennelemente ausgeht, wird bei gefüllten Lagerbecken bereits mit dem Abbau von Systemen und Komponenten der jeweiligen Anlagen begonnen. Im Lagerbecken des Block B des AKW

¹⁰ Die Rückführung ist mit einem vollständigen Eigentumsübergang verbunden, d.h. es besteht keine Verpflichtung zur Rücknahme von radioaktiven Abfällen.

¹¹ Nahezu alle Brennelemente sind seit Betriebsbeginn 1965 im Kern eingesetzt und werden bis zur Stilllegung dort verbleiben. Alle vier bis fünf Jahre wird ein neues TRIGA-Brennelement in den Kern eingesetzt.

¹² Vier bestrahlte Brennelemente werden in speziellen Lagergruben gelagert.

Gundremmingen z. B. befand sich ein Cäsium-137 Inventar von rund 3100 PBq. In Folge eines Terrorangriffs mit einem großen Verkehrsflugzeug oder durch einen gezielten Sprengstoffanschlag sind schwere Schäden am Brennelement-Lagerbecken möglich, die ein Ausfließen des Kühlmittels (Wasser) zur Folge haben könnten. Falls das Kühlwasser nicht ersetzt werden kann, werden nach Schätzungen 10% bis 100 % des Cäsium-Inventars des Beckens in die Atmosphäre freigesetzt. Das entspräche einem Cs-137 Quellterm von 310-3.100 PBq. Zum Vergleich: Zurzeit wird davon ausgegangen, dass während des Unfalls in Fukushima insgesamt rund 10 PBq (8,8 PBq) Cs-137 und während des Unfalls in Tschernobyl rund 100 PBq (85 PBq) Cs-137 freigesetzt worden sind. (UMWELTBUNDESAMT 2017)

Auch für Brennelemente aus den **Forschungsreaktoren** muss eine risikoarme langfristige Zwischenlagerung gewährleistet werden. Es ist sicherheitstechnisch wenig vorausschauend diese in das schlechtgeschützte Zwischenlager Ahaus zu transportieren, dessen Betriebsgenehmigung zudem bereits 31.12.2036 endet.

Darüberhinaus besteht für den Brennstoff aus dem **FRM II** ein besonderes Problem: Aufgrund der relativ kurzen Einsatzzeit im Kern haben die abgebrannten Brennelemente immer noch eine hohe Anreicherung (87 Prozent) und sind nach wie vor atomwaffenfähig. Das Umweltinstitut München lehnt den Einsatz von HEU im Forschungsreaktor von Garching sowie einen Transport nach Ahaus ab, da waffenfähiges Material dort in einem „relativ ungeschützten Zwischenlager“ lagern würde. Stattdessen sollte für die bereits vorliegenden hoch-radioaktiven Abfälle ein Zwischenlager am Standort errichtet werden. Zudem sollte ein Verfahren entwickelt werden, mit dem die abgebrannten Brennelemente konditioniert und abgereichert werden können. (UIM 2017) (siehe auch Kapitel 6.4)

2.3 Neustrukturierung der Verantwortlichkeit

Auf Grundlage der Ergebnisse der „Kommission zur Überprüfung der Finanzierung des Kernenergieausstiegs“ (KFK) wird seit Ende 2016 eine bedeutende Neustrukturierung der Verantwortlichkeiten im Bereich radioaktiver Abfälle durchgeführt. Mit dem „Gesetz zur Neuordnung der Verantwortung in der kerntechnischen Entsorgung“ wurden langfristig die Verantwortlichkeiten für die Stilllegung und den Rückbau der Atomkraftwerke sowie für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle neu geregelt. Die Betreiber der Atomkraftwerke sind für die Abwicklung und Finanzierung der Bereiche Stilllegung, Rückbau und die fachgerechte Verpackung der radioaktiven Abfälle zuständig. Die Durchführung und Finanzierung der Zwischen- und Endlagerung fällt zukünftig in die Verantwortung des Bundes.

Die finanziellen Mittel für die Finanzierung der Bereiche Zwischen- und Endlagerung wurden dem Bund von den Betreibern der Atomkraftwerke zur Verfügung gestellt. Am 3. Juli 2017 haben die Betreiber insgesamt ca. 24,1 Milliarden Euro an die öffentlich-rechtliche Stiftung – „*Fonds zur Finanzierung der kerntechnischen Entsorgung*“ (Entsorgungsfonds) – übertragen, die mit Inkrafttreten des Entsorgungsfondsgesetzes eingerichtet wurde. Der Entsorgungsfonds legt die von den Betreibern übertragenen Geldmittel an. (BMU 2018a)

Die Zwischenlagerung der bestrahlten Brennelemente und der radioaktiven Abfälle wird zukünftig von einer in privater Rechtsform organisierten, aber in alleinigem Bundeseigentum befindlichen, eigenständigen Gesellschaft durchgeführt. Am 1. März 2017 ist von der Gesellschaft für Nuklear-Service (GNS), einem Gemeinschaftsunternehmen der Atomkonzerne, die Gesellschaft für

Zwischenlagerung (BGZ) gegründet worden. Im August 2017 übernahm der Bund die Geschäftsanteile an der BGZ – einschließlich der Transportbehälterlager Ahaus und Gorleben. Die BGZ übernahm ab 2019 auch die 12 dezentralen Standort-Zwischenlager mit Ausnahme des SZL Brunsbüttel, das zurzeit keine gültige Betriebsgenehmigung hat (siehe Kapitel 5). Ab 2020 übernimmt die BGZ auch für 12 Lager mit schwach- und mittel-radioaktiven Abfällen aus dem Betrieb und Rückbau der Atomkraftwerke die Verantwortung. (BGZ 2019b)

Das Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE)¹³ ist seit dem 30. Juli 2016 die nach § 6 des Atomgesetzes zuständige Genehmigungsbehörde für die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen in zentralen und dezentralen Zwischenlagern. Es hat diese Aufgabe vom bis dahin zuständigen Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) übernommen.

Bewertung

Die Atomkonzerne haben sich durch eine Einmalzahlung von rund 24,1 Mrd. Euro von den weiteren Kostenrisiken der Lagerung der radioaktiven Abfälle vollständig befreit und deren Haftung beendet. Mit der künftigen staatlichen Verantwortung übernehmen die Steuerzahlerinnen und Steuerzahler die Risiken für die Finanzierung der künftigen Kosten.

Auch die EU Kommission sieht diese Risiken und erklärt: „Die Kommission kam bei ihrer Prüfung zu dem Schluss, dass die Entscheidung Deutschlands zur Übernahme der Haftung für die Entsorgung radioaktiver Abfälle eine staatliche Beihilfe beinhaltet, da die Gesamtkosten für die Entsorgung radioaktiver Abfälle mit erheblicher Unsicherheit behaftet sind und die geplante Zahlung von rund 24,1 Mrd. EUR Deutschland nicht in vollem Umfang vor Kostenüberschreitungen schützen wird. Zwar liegen dem in den neuen öffentlich-rechtlichen Fonds einzuzahlenden Betrag die besten derzeit verfügbaren Kostenschätzungen zugrunde, diese Berechnungen sind aber aus verschiedenen Gründen sehr unsicher. Vor allem hat Deutschland noch keinen Standort für die Endlagerung radioaktiver Abfälle festgelegt, und es gibt keine vergleichbaren Kosten-Benchmarks für den Bau einer entsprechenden Anlage.“ (EU KOM 2017) Die EU Kommission genehmigt dennoch den Vorgang.

Es ist zwar zu begrüßen, dass die Atomkraftwerksbetreiber ihre Rückstellungen für die Zwischen- und Endlagerung in einen öffentlich-rechtlichen Fonds übertragen haben und einen – wenngleich auch geringen – Risikozuschlag zahlen. Zu kritisieren ist aber, dass mit dieser Regelung die Betreiber von sämtlichen finanziellen Verpflichtungen befreit werden. Wie sich die Neuregelung der Verantwortlichkeiten auf die Sicherheit der Zwischenlagerung auswirkt, wird sich zeigen müssen. Insbesondere wird sich zeigen müssen, ob es von Vor- oder Nachteil ist, dass der Bund Betreiber und zuständige Genehmigungsbehörde ist.

2.4 Export radioaktiver Stoffe

Laut NaPro dürfen bestrahlte Brennelemente aus Nicht-Leistungsreaktoren entsprechend den gesetzlichen Regelungen in ein Land, in dem Brennelemente für Forschungsreaktoren bereitgestellt oder hergestellt werden, verbracht werden. (BMUB 2015g)

¹³ Seit 1.1.2020: Bundesamt für für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE)

Nach neuer Rechtslage, die seit dem 16. Mai 2017 gilt, darf die Erteilung einer Genehmigung zur Ausfuhr von aus dem Betrieb von Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen zu Forschungszwecken stammenden bestrahlten Brennelementen nur aus schwerwiegenden Gründen der Nichtverbreitung von Kernbrennstoffen oder aus Gründen einer ausreichenden Versorgung deutscher Forschungsreaktoren mit Brennelementen für medizinische und sonstige Zwecke der Spitzenforschung erfolgen. (BMU 2018a)

Bewertung

Nach RL 2011/70/Euratom, Art. 4 Abs. 1, hat jeder Mitgliedstaat die abschließende Verantwortung für die Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle, die in seinem Hoheitsgebiet entstanden sind. Aus den Angaben im NaPro wird nicht deutlich, welche Brennelemente aus Nicht-Leistungsreaktoren exportiert werden sollen. Derzeit wird erwogen, die im Zwischenlager Jülich gelagerten abgebrannten Brennelemente aus dem AVR Jülich und dem THTR Hamm-Uentrop zur Wiederaufarbeitung und zum dauerhaften Verbleib in die USA zu exportieren. Es sind verschiedene Rechtsauffassungen zur Rechtmäßigkeit eines derartigen Exports vorhanden (siehe z.B. (WOLLENTEIT 2014). Dies ist in jedem Fall als Verstoß gegen die Zielsetzung der Entsorgung auf nationalem Territorium anzusehen.

In der aktualisierten Fassung des NaPro werden Anlagen, die der Spaltung von Kernbrennstoffen, aber nicht der gewerblichen Erzeugung von Elektrizität dienen, Nicht-Leistungsreaktoren genannt. (BMUB 2015f) Damit wird die strittige Unterteilung in Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren – zumindest sprachlich – vermieden. Aber auch in der aktualisierten Fassung wird weiterhin die Ausfuhr von bestrahlten Brennelementen aus „Nicht-Leistungsreaktoren“ in Länder erlaubt, in denen Brennelemente für Forschungsreaktoren bereitgestellt oder hergestellt werden.

Der Bericht der Endlagerkommission enthält folgende Empfehlung: *„Die Kommission spricht sich für die gesetzliche Einführung eines generellen Exportverbots für hoch-radioaktive Abfälle aus.“* Zur Begründung schreibt die Kommission, sie sähe darin ein wichtiges Signal, um das Ziel einer umfassenden Endlagerung von bestrahlten Brennelementen im Inland zu unterstreichen. Die Kommission fordert die Bundesregierung auf, eine Neuregelung¹⁴ zu einem Exportverbot auch für bestrahlte Brennelemente aus Forschungsreaktoren zu erarbeiten. (KOMMISSION 2016a)

In der Novellierung des Standortauswahlgesetzes setzt der Gesetzgeber die Empfehlung der Endlagerkommission nicht um. Der Export von hoch-radioaktiven Abfällen aus Forschungsreaktoren ist weiterhin nicht klar untersagt. Das Nationale Begleitgremium (NBG) setzt sich weiter für ein striktes Exportverbot ein. Auch der BUND setzt sich weiterhin für ein umfassendes Exportverbot ein.

¹⁴ Die Kommission weist darauf hin, dass diese Neuregelung zwingenden Gesichtspunkten der Non-Proliferation und der Ermöglichung von Spitzenforschung, insbesondere im Forschungsreaktor FRM II, Rechnung tragen soll.

3 Erhebliche Verlängerungen der bisher genehmigten Lagerdauern

Die Genehmigungen zur Aufbewahrung der abgebrannten Brennelemente und der Abfälle aus der Wiederaufarbeitung in den Zwischenlagern sind auf 40 Jahre befristet. Die Befristung der Genehmigung auf 40 Jahre gilt bei den Standortzwischenlagern ab der Einlagerung des ersten Behälters, bei den Transportbehälterlagern in Ahaus und Gorleben sowie beim Zwischenlager Nord in Lubmin ab Erteilung. Auch die Lagerung hoch-radioaktiver Abfallstoffe in den einzelnen Behältern ist jeweils auf 40 Jahre befristet. Bei allen in Zwischenlagern aufbewahrten Behältern mit hoch-radioaktiven Abfällen erreicht die Genehmigung des Lagers früher das Fristende als die Genehmigung des jeweiligen Behälters. Einzige Ausnahme bilden 305 Behälter im Zwischenlager Ahaus. (KOMMISSION 2016a)

Das Ende der Genehmigungen für die derzeit betriebenen Zwischenlager (Ende der Genehmigungen 2034-2047)¹⁵ steht nicht in Einklang mit den offiziellen Plänen zur Inbetriebnahme eines geologischen Tiefenlagers (etwa 2050). Laut NaPro kann nach heutigen Erkenntnissen *„in diesem Zeitraum eine vollständige Räumung der Lager nicht gewährleistet werden. Daher werden derzeit die technischen Voraussetzungen für eine verlängerte Aufbewahrung an den Standorten der Zwischenlager sowie in den Transportbehälterlagern untersucht.“* (BMUB 2015g)

Weiterhin wird im NaPro erklärt: Mit der ersten Teilgenehmigung für das Endlager soll am Standort auch ein **Eingangslager** für alle abgebrannten Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung genehmigt und damit die Voraussetzung für den Beginn der Räumung der bestehenden Zwischenlager geschaffen werden. Die abgebrannten Brennelemente und die Abfälle aus der Wiederaufarbeitung sollen bis dahin an vorhandenen Zwischenlagerstandorten aufbewahrt werden. (BMUB 2015g)

Im Bericht der Endlagerkommission wird erklärt, dass es schon bei der optimistischen Zeitstruktur des Standortauswahlgesetzes zu einem zeitlichen Delta zwischen dem Auslaufen der derzeitigen Genehmigungen für die Zwischenlager und der Einlagerung der ersten Behälter in das Endlager, erst recht bis zur vollständigen Einlagerung aller Behälter, käme. Dieses Delta könne von einem halben Jahrzehnt bis hin zu vielen Jahrzehnten dauern – je nachdem ob es zu Verzögerungen, Rückschlägen oder Rücksprüngen im Verfahren kommt. Angesichts der gegenwärtigen Erfahrungen bzgl. des plausiblen Zeitbedarfs für Genehmigungsverfahren, für Öffentlichkeitsbeteiligung, für Abstimmungs- und Abwägungsprozesse, für Rechtsschutzverfahren, für Nacherhebung von Daten und die Erkundung von Gebieten kommt man explorativ zu deutlich anderen Zeiträumen als jenen die laut Standortauswahlgesetz vorgesehen sind. Die erste Etappe (Standortauswahlverfahren) könnte 35 bis 61 Jahre dauern. Die Inbetriebnahme (Beginn der Einlagerung der Abfälle) würde dann erst im nächsten Jahrhundert erfolgen. **Die Endlagerkommission stuft die genannten Daten (Standortauswahl: 2031 und Inbetriebnahme: etwa 2050) mit Blick auf die Phasen im Standortauswahlverfahren letztlich als unrealistisch ein.** (KOMMISSION 2016a)

Schon jetzt seien Zielkonflikte absehbar, die durch die zeitliche Lücke zwischen bislang genehmigter Zwischenlagerung und Endlagerungsbeginn drohen könnten. Beschleunigungsmöglichkeiten im Verfahren auf Kosten von Sicherheit oder auf Kosten von Beteiligung lehnt die Kommission ab. Der Aufbau von Vertrauen benötige Zeit und stehe in Konflikt mit Ansätzen zu einer Beschleunigung des

¹⁵ Die erste Genehmigung für das TBL Gorleben endet bereits am 31.12.2034

Verfahrens. Der Zeitbedarf ist hinsichtlich der Gewichtung nachrangig zu den Zielen Sicherheit und Partizipation. (KOMMISSION 2016a)

Derzeit befindet sich die Bundesrepublik in der ersten Phase der Standortauswahl. Die BGE als Vorhabenträger hat hierzu im September 2017 mit dem Standortauswahlverfahren begonnen und ist seitdem mit der Auswertung der angeforderten geowissenschaftlichen Informationen der Landesbehörden befasst. Dies ist notwendig, um die schnellstmögliche Festlegung der übertägigen Erkundungsstandorte zu erreichen. Laut BMU (2018a) liegen derzeit keine Verzögerungen im Hinblick auf die Umsetzung vor.

Das Atomgesetz (AtG) knüpft in § 6 Abs. 5 Satz 2 eine Verlängerung der Zwischenlagergenehmigungen an das Vorliegen unabweisbarer Gründe und fordert die vorherige Befassung des Deutschen Bundestages. (BMU 2018a) Wird eine deutliche Verlängerung der Aufbewahrung beantragt, ist eine Beteiligung der Öffentlichkeit in einem formalen Verfahren erforderlich. Die Beteiligung der Öffentlichkeit ist laut AtG dann erforderlich, wenn eine Pflicht zur Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) besteht. In diesem Fall ist das Vorhaben öffentlich bekanntzumachen. Dazu müssen bestimmte Planungsunterlagen ausgelegt werden, damit die Bürgerinnen und Bürger in einem festgelegten Zeitraum Einwendungen erheben können. Die Einwendungen erörtert die Genehmigungsbehörde anschließend bei einem Erörterungstermin mit dem Antragsteller und den Einwendern. Auch Gemeinden können als juristische Personen des öffentlichen Rechts Einwendungen erheben.

Bewertung

Das Problem der zeitlichen Lücke für die Aufbewahrung der abgebrannten Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung wird im NaPro zwar benannt, eine nachvollziehbare Lösung wird aber nicht präsentiert. Laut NaPro sollen einerseits die Genehmigungen für die Zwischenlager verlängert und zum anderen ein Eingangslager am Endlagerstandort errichtet werden. Weder der Zeitraum für die Verlängerung der Zwischenlager noch die Betriebsdauer des Eingangslagers werden im NaPro genannt.

Selbst bei fristgerechter Inbetriebnahme des Endlagers würde die vollständige Räumung aller Zwischenlager erst deutlich nach Ende der bestehenden Zwischenlagergenehmigungen erfolgen können. Dies würde eine erhebliche Verlängerung der jetzt genehmigten Betriebszeiten bedeuten. Zudem muss die Verlängerung zumindest für einen Teil der Lager für einen deutlich längeren Zeitraum als bis zur Inbetriebnahme des Eingangslagers andauern. Die Räumung der bestehenden Zwischenlager könnte dann zwar beginnen, aber erst müsste ein Teil ins Endlager eingelagert werden, bis die restlichen Behälter umgelagert werden könnten. Dieser Vorgang wird etwa 20-30 Jahre andauern.

Vor allem aber ist auch die Lagerung hoch-radioaktiver Abfallstoffe in den einzelnen Behältern jeweils auf 40 Jahre befristet. Mit einem Umräumen der Behälter ist die aus der Verlängerung entstehende sicherheitstechnische Problematik nicht gelöst.

Das ist insbesondere auch deshalb relevant, da der Unterschied zwischen dem aufgrund von gegenwärtigen Erfahrungen als plausibel anzusehenden Zeitraum und dem im NaPro dargelegten Zeitraum bis zur Einlagerung in ein Endlager offenkundig sehr groß ist.

In den Stellungnahmen, die im Rahmen des UVP-Verfahrens zum NaPro eingereicht wurden, wird von der Bundesregierung die Vorlage eines realistischen Zeitplans gefordert. Auf die Kritik entgegnete die

Bundesregierung jedoch nur, dass das Nationale Entsorgungsprogramm auf den geltenden gesetzlichen Vorgaben beruht. (BMUB 2016a) Dabei geht selbst die Entsorgungskommission (ESK)¹⁶ der Bundesregierung von Zwischenlagerzeiten von 65 – 100 Jahren aus.

Die Einhaltung des Termins („etwa 2050“) für die Inbetriebnahme des gesuchten Endlagers, der im NaPro genannt wird und auf gesetzlichen Vorgaben beruht, bezweifeln auch außerhalb der Endlagerkommission viele Experten. Auf einem Fachgespräch verdeutlichte ein Vertreter des Ministeriums für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume in Schleswig-Holstein auf folgender Grafik den möglichen Zeitbedarf (BACKMANN 2016):

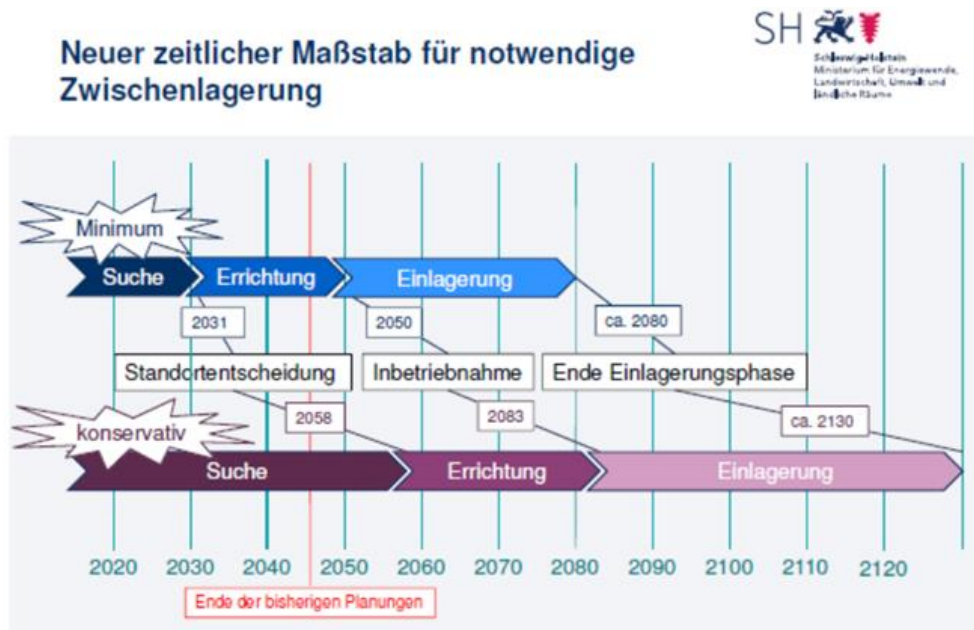


Abbildung 1: Zeitlicher Maßstab für erforderliche Zwischenlagerung (Backmann 2016)

Die Grafik zeigt, dass nach konservativer Schätzung die Einlagerung in ein Endlager von 2080 bis 2130 und nicht von 2050 bis 2080 erfolgen würde. Das würde bedeuten, dass die erforderliche Zwischenlagerung noch mehr als 110 Jahre andauert. Alle Behälter müssten deutlich mehr als 40 Jahre zur Aufbewahrung hoch-radioaktiver Abfälle verwendet werden.

Ein noch höherer Zeitbedarf wurde von zwei Experten der Endlagerkommission ermittelt. Kudla trug auf der Jahrestagung Kerntechnik im Mai 2017 zum Zeitbedarf für die Standortauswahl vor, siehe auch Kommissionsdrucksache 267 der Endlagerkommission: Nach dieser detaillierten Schätzung ist die Standortsuche im Jahr 2077 bzw. zwischen 2059 – 2096 abgeschlossen.¹⁷ Bei realistischer Zeitplanung sei erst mit einer Einlagerung der **ersten** hoch-radioaktiven Abfälle in etwa 100 Jahren (Jahr 2117) zu rechnen. Bei optimistischer Zeitplanung ist eine Einlagerung der ersten Abfälle in etwa 70 Jahren zu

¹⁶ Aufgrund der zunehmenden Bedeutung der nuklearen Entsorgungsfragen wurde 2008 die Entsorgungskommission (ESK) gegründet. Mit der ESK wurde ein Beratungsgremium geschaffen, das in seiner Arbeitsweise der steigenden Bedeutung der nuklearen Entsorgungsfragen gerecht wird und ein breites Spektrum fachlicher Expertise bündelt. Die Experten beraten das BMU in allen Angelegenheiten der nuklearen Entsorgung. Die Kommission beschließt als Ergebnis ihrer Beratungen naturwissenschaftliche und technische Empfehlungen oder Stellungnahmen an das BMU (BMU 2018a).

¹⁷ Insgesamt wurde ein Zeitbedarf von 59 Jahren ermittelt. Als Unsicherheit wird eine Abweichung um 30 % (± 18 Jahre) angenommen.

erwarten (Jahr 2088) und bei pessimistischer Einschätzung erst nach 131 Jahren (Jahr 2150). Kudla vertrat die Auffassung, dass das Vertrauen der Bevölkerung nur zu gewinnen ist, wenn realistische Zeitangaben gemacht werden. (KOMMISSION 2016b, KUDLA 2017)

Aus den Erfahrungen mit der langfristigen Lagerung nicht Wärme entwickelnder Abfälle, bei der zahlreiche Lagerungsschäden auftraten, sollte gelernt werden. Zum Beispiel bei den gelagerten Abfällen des AKW Brunsbüttel trat eine Korrosion der Behälter bis hin zu ihrem Integritätsverlust auf. Eine wesentliche Ursache war die ungeplante Verlängerung der Lagerungsdauer. Die Inbetriebnahme für das Endlager Konrad war ursprünglich für 1986 geplant, es gab jedoch sukzessive Verschiebungen. Nach jetziger Planung ist die Inbetriebnahme für 2027 vorgesehen. Zuletzt war im März 2018 eine Verschiebung von 2022 auf 2027 bekannt gegeben worden. (BGE 2018) Die Erfahrungen sollten auf die Zwischenlagerung von hoch-radioaktiven Abfällen übertragen werden.

Laut RL 2011/70/Euratom, Art. 12 Abs. 1 lit. b) (EU-RL 2011) soll das nationale Entsorgungsprogramm maßgebliche Zwischenetappen und klare Zeitpläne für die Erreichung dieser Zwischenetappen enthalten. Im NaPro fehlen jedoch klare Zeitpläne bezüglich der Zwischenlagerung der abgebrannten Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung. Für die Erfüllung der EU-Richtlinie kann es nicht ausreichend sein, nur die entsprechenden Termine zu nennen. Diese Termine sollten auf einer realistischen Abschätzung anhand von Erfahrungen basieren. Es ist nicht zielführend, trotz zahlreicher kritischer Hinweise von Endlagerkommission und Experten an den unrealistischen Zeitplänen festzuhalten.

Auch international zeichnet sich klar ab, dass in den meisten Ländern der Zeitbedarf zur Planung, Genehmigung und Errichtung eines Endlagers viel höher sein wird als ursprünglich vorgesehen. Bis dahin werden die abgebrannten Brennelemente und hoch-radioaktiven Abfälle zwischengelagert. (BUDELMANN 2017)

Die Dauer der erforderlichen Verlängerung der Betriebszeit für die deutschen Zwischenlager sollte konservativ ermittelt werden, denn diese bestimmt den Umfang der von der Sicherheitsbehörde geforderten Sicherheitsanalysen und Einrichtungen.

Beschleunigungsmöglichkeiten der Endlagersuche auf Kosten von Sicherheit und Partizipation sind abzulehnen. Daher sollten in einem Abwägungsprozess die Termine für die Standortauswahl und die Inbetriebnahme anhand von plausiblen Überlegungen neu festgelegt werden. Dabei sollte – wie von der Endlagerkommission vorgeschlagen – der Zeitbedarf nachrangig zu den Zielen Sicherheit und Partizipation gewichtet werden. Anhand dieser Zahlen sollte der Zeitraum für die notwendige Zwischenlagerung festgelegt werden. Das Vertrauen der Bevölkerung kann nur durch die Angaben von realistischen Zeitplänen gewonnen werden und nicht durch die Verheimlichung der Realität.

Auch wenn eine schnellstmögliche Endlagerung der hoch-radioaktiven Stoffe sicherheitstechnisch von Vorteil wäre, ist für eine erfolgreiche d.h. zielführende Endlagersuche ein erheblicher Zeitraum erforderlich, falls kein erneutes Scheitern der Suche riskiert werden will. **Aufgrund der voraussichtlichen langen Lagerzeiträume für die hoch-radioaktiven Abfälle ergeben sich nicht nur Anforderungen an die Sicherheit (siehe Kapitel 4) sondern auch bzgl. der Sicherung (siehe Kapitel 5). Es stellen sich aber auch Anforderungen an Personal und Organisation sowie an die Akzeptanz der Bevölkerung an den Standorten.**

4 Probleme aufgrund der notwendigen langen Zwischenlagerung

4.1 Fehlende Erfahrungen und Forschungsbedarf

Die Endlagerkommission betont, dass die Frage nach den benötigten Zeiträumen für die Verlängerung der Zwischenlagerung in mehrfacher Hinsicht von großer Bedeutung ist: Sie beeinflusst maßgeblich die technischen Erfordernisse für die notwendige Zwischenlagerung, die Auslegung von Genehmigungsverfahren sowie die Sicherstellung der Sicherheit der Zwischenlager bis zur Einlagerung der Abfälle in ein Endlager. (KOMMISSION 2016a)

Eine Zwischenlagerung der abgebrannten Brennelemente von mehr als 50 Jahren wird laut IAEA als Langzeitlagerung bezeichnet (IAEA 2012). Für eine Zwischenlagerdauer von mehr als 50 Jahren gibt es bisher in keinem Staat weltweit Erfahrungen. Insofern kann der erforderliche Lagerzeitraum für die Behälter mit abgebrannten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung in Deutschland von deutlich mehr als 50 Jahren gegenwärtig noch nicht als Stand von Wissenschaft und Technik der trockenen Zwischenlagerung bezeichnet werden.

Auch die Entsorgungskommission (ESK) erklärte im Oktober 2015 in einem Diskussionspapier zur verlängerten Zwischenlagerung: Zwischenlagerzeiträume von ca. 65 bis 100 Jahren liegen deutlich außerhalb der national und international für die trockene Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente in Behältern bereits zugrunde gelegten Zeiträume von bis zu 50 Jahren (z. B. Ungarn, Japan, USA). **Die vor diesem Hintergrund in Deutschland in absehbarer Zeit notwendig werdende Erweiterung der genehmigten Zwischenlagerzeiträume führt zu einer Reihe von sicherheitstechnischen Fragestellungen, die im Rahmen der bisherigen Genehmigungsverfahren nicht zu behandeln waren.**

Die ESK weist weiter darauf hin, dass Untersuchungsprogramme zum Nachweis des Langzeitverhaltens von Behälterkomponenten (z. B. Metalldichtungen) und Inventaren (z. B. Brennstabintegrität) für eine verlängerte Zwischenlagerung voraussichtlich mit **hohem Zeit- und Kostenaufwand verbunden sind und frühzeitig initiiert werden sollten.** (ESK 2015)

Nach einer ausführlichen Analyse hat die Entsorgungskommission (ESK) auf eine Reihe von zu klärenden Aspekten im Hinblick auf die Zwischenlagerung und die daran anschließenden Entsorgungsschritte hingewiesen. Die ESK erklärt u.a., dass die notwendigen sicherheitstechnischen Nachweise für Behälter und Inventare für eine verlängerte Zwischenlagerung hinreichend belastbare Daten und Erkenntnisse aus der Auswertung der Betriebserfahrungen und aus zusätzlichen Untersuchungsprogrammen erfordern. (ESK 2015)

Auch aus Sicht der Endlagerkommission sind die von der ESK benannten Fragestellungen wichtig. Es wird erklärt, der notwendige Forschungs- und Entwicklungsbedarf zu den genannten Aspekten sei fortlaufend zu prüfen und entsprechende Arbeiten zu initiieren (KOMMISSION 2016a).

Das BMU erklärt, dass Einzelheiten der Forschungsausrichtung im Zusammenhang mit der sicheren und geordneten Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle im Ressortforschungsplan des BMU dargestellt sind. Ein Beispiel sind die durch das BMU vorsorglich initiierten Vorhaben zu einer Verlängerung der Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente und Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle. Das BMU hat Vorhaben initiiert in denen grundlegende Informationen und Daten zum nationalen und internationalen Erfahrungsstand zusammengetragen werden, um die

sicherheitstechnischen Fragen im Zusammenhang mit einer längerfristigen Zwischenlagerung von Brennelementen identifizieren und Konzepte und Strategien für die zukünftige Zwischenlagerung beurteilen zu können. Darüber hinaus fördert das Bundeswirtschaftsministerium (BMWi) innerhalb seiner Projektförderung die Schaffung und Weiterentwicklung wissenschaftlicher Grundlagen zur Bewertung des Langzeitverhaltens von Behältern und Abfällen unter lagerspezifischen Beanspruchungsbedingungen und bei nachfolgenden Transporten im Vorfeld der Endlagerung. Es besteht die Erwartung, dass das derzeit etablierte Konzept der trockenen Zwischenlagerung (Lagergebäude und Behälter) auch für deutlich längere Zeiträume als 40 Jahre seine Sicherheitsfunktionen beibehält. (BMU 2018a) Die GRS führt im Auftrag des BMU und des BMWi Studien durch.

Die Forschungsplanung erfolgt in drei Stufen: In der Forschungsstrategie werden übergreifende Ziele für die langfristige Planung (ca. 10 Jahre) festgelegt, eine Aktualisierung erfolgt nach Bedarf. In einer Forschungsagenda werden Forschungsfragen für die mittelfristige Planung (4 Jahre) zu Themenfeldern formuliert, diese wird im 2 Jahres-Rhythmus aktualisiert. Der Forschungsplan, der Vorhaben (Projekte) für die kurzfristige Planung (2 Jahre) formuliert, wird jährlich aktualisiert. (BFE 2019b)

Die BGZ ist als Genehmigungsinhaberin der Zwischenlager verpflichtet, die entsprechenden Anträge für Neugenehmigungen zu stellen. Dafür muss eine entsprechende Nachweisführung erbracht werden. Diese Nachweisführung erfordert Forschung. Um den technischen und wissenschaftlichen Herausforderungen der verlängerten Zwischenlagerung gewachsen zu sein, befindet sich eine entsprechende Abteilung in der BGZ im Aufbau. Das Verhalten der Behälter ist von besonderem Interesse für die Sicherstellung einer störungsfreien Zwischenlagerung – sowohl im laufenden Betrieb als auch bei der verlängerten Zwischenlagerung. (BGZ 2019b)

Behältersicherheit aus Sicht des Herstellers

Mehr als 90 % der in Deutschland gelagerten Behälter sind CASTOR-Behälter des Herstellers GNS. Bisher sind in Deutschland 1274 CASTOR-Behälter eingelagert (Stand: Juni 2019). Darunter sind insgesamt 14 verschiedene Bauarten.¹⁸ Weltweit sind 1475 Castoren eingelagert. (GNS 2019b)

Aus Sicht der GNS ist die Verlängerung der Zwischenlagerung und der Abtransport von Behältern des Typs CASTOR auf Basis der bisherigen Erfahrungen sicher möglich, denn die Einhaltung der Schutzziele wird auch bei verlängerter Zwischenlagerung durch die bisherige Auslegung sichergestellt. Für die verlängerte Zwischenlagerung kommen keine zusätzlichen Schutzziele hinzu. Bisherige Schutzziele sind der Schutz der Umwelt, der Umgebung und Menschen vor den Folgen ionisierender Strahlung. Dies wird durch passive Wärmeabfuhr, Kritikalitätssicherheit, Abschirmung vor Strahlung, Aktivitätsrückhaltung und strukturelle Stabilität gewährleistet.

Alterungsbestimmende Parameter sind u.a. Beanspruchungsdauer, Bauteiltemperatur, mechanische Bauteilbelastung, Bestrahlung (Gamma, Neutronen), Korrosion und Inventar. Aus Sicht der GNS kommen bei verlängerter Lagerdauer keine neuen Einflussfaktoren hinzu. Die Metalldichtungen

¹⁸ 6 Bauarten bzw. 687 Behälter für abgebrannte Brennelemente aus deutschen KKW, 3 Bauarten bzw. 101 Behälter für HAW-Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung, 5 weitere Bauarten bzw. 486 Behälter für andere Inventare.

gewährleisten auch bei verlängerter Zwischenlagerung die Dichtheit und damit die Rückhaltung, Druckschalter stellen auch bei verlängerter Zwischenlagerung die Überwachung der Dichtheit systematisch sicher, der Abtransport kann in jedem Fall sichergestellt werden. (GNS 2019b)

Zwischen 2010 und 2014 wurden international verschiedene Studien zur Identifikation des Untersuchungsbedarfs für verlängerte Zwischenlagerung von Brennelementen durchgeführt. Danach sind wichtige Fragen die Ermüdung der Metalldichtung und Verschraubung, das Kriech-/Relaxationsverhalten von Metalldichtungen und die thermische Alterung der Neutronenabsorbermaterialien im Tragkorb. (GNS 2019b)

Langzeitverhalten der Dichtungen aus Sicht des BAM

Im Auftrag des BfE (jetzt BASE)¹⁹ wird von der BAM (Bundesanstalt für Materialforschung) das Langzeitverhalten von **Metalldichtungen** untersucht. Aus Sicht der BAM ist für Deutschland insbesondere die Bewertung der Langzeiteignung des Dichtsystems der Behälter für Zwischenlagerzeiträume von bis zu 100 Jahren erforderlich. Die Experimente wurden 2001 begonnen. Die Untersuchungen sind jetzt Teil der Projekts „Langzeitverhalten von Metall- und Elastomerdichtungen sowie Moderatormaterialien als sicherheitsrelevante Komponenten von TLB für radioaktive Stoffe“ (LaMEP). (BAM 2019a)

In Hinsicht auf die Alterung von Aluminium- und Silberdichtungen wurden seit 10 Jahren regelmäßige Messungen von verbleibender Rückstellkraft, nutzbarer Rückstellung und Leckagerate gemacht. Es wurde eine zeit- und temperaturabhängige Verringerung von Rückstellkraft beobachtet. Im Rahmen von LaMEP wurden bisher nur kleine Torusdurchmesser (Kleindeckel) getestet und detaillierte Untersuchungen der äußeren Ummantelung aus Aluminium durchgeführt. Die für Primärdeckel eingesetzten Dichtungen haben in der Regel eine äußere Ummantelung aus Silber. Daher sind die im Rahmen von LaMEP an Aluminium durchgeführten Untersuchungen auf Silber zu erweitern, da das Materialverhalten andere Temperaturabhängigkeiten aufweist. Weiters sind für die Zukunft u.a. die Untersuchung von Dichtungen großer Torusdurchmesser geplant. (BAM 2019a)

Im Rahmen des o.g. Projekts untersucht die BAM auch die Alterung von **Elastomerdichtungen**. Die Alterung unter Sauerstoffeinfluss wurde bereits detailliert untersucht. Im eingebauten Zustand im Behälter ist die Sauerstoffverfügbarkeit designbedingt stark eingeschränkt. Daher wird erwartet, dass die Alterung langsamer abläuft und anaerobe Prozesse dominieren. Somit wäre eine längere Lebensdauer zu erwarten. Die Alterung unter sauerstofffreien Bedingungen ist aber möglicherweise nicht konservativ, da in der Realität keine komplett sauerstofffreie Umgebung gewährleistet ist. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die zu betrachtenden langen Zeiträume und die niedrigeren Temperaturen, die zu einer sehr langsamen Alterung mit entsprechend geringem Sauerstoffverbrauch führen. Mit Kenntnis des Materialverhaltens unter beiden Bedingungen soll eine konservative, aber realitätsnahe Bewertung des Alterungsverhaltens ermöglicht werden. (BAM 2019a)

¹⁹ Bundesamt für für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE)

Mögliche Probleme mit dem Inventar

Laut BfE sind Veränderungen innerhalb des Behälters für die weitere Zwischenlagerung zunächst von untergeordneter Bedeutung, da bei allen bestehenden Genehmigungen nach § 6 AtG sehr konservative Annahmen bezüglich des Inventarzustandes getroffen wurden. Mit Inbetriebnahme des Endlagers endet allerdings die Zwischenlagerung und die Behälter müssen zum Endlager transportiert werden. Die folgenden Fragestellungen in diesem Themenfeld sind besonders wichtig:

- Wie belastbar sind die Strukturteile eines Brennelements nach langer, trockener Zwischenlagerdauer? Gibt es relevante Unterschiede zwischen DWR- und SWR-Brennelementen?
- Erfüllen die Hüllrohre auch nach langer Zwischenlagerung noch ihre Rückhaltefunktion bzw. ist diese Barriere noch wirksam? (BfE 2019c)

Nach Auffassung des BfE gilt es daher frühzeitig zu klären, welche Vorbereitungen für eine längere Zwischenlagerung zu treffen sind. Das BfE erklärt im Forum Zwischenlagerung 2018, die Untersuchung und Entwicklung von geeigneten Methoden zur Beurteilung des Inventars (auch ohne Öffnung von Behältern) könnte eine noch höhere Priorität rechtfertigen als in den zuvor geplanten Forschungsprojekten eingeräumt wurde. (BfE 2018a)

Für eine Untersuchung der Auswirkungen einer verlängerten Zwischenlagerung auf ausgewählte sicherheitsrelevante Behälterkomponenten ist eine Beschreibung des Alterungseinflusses sowie dessen sicherheitstechnische Bewertung erforderlich. Als Ergebnis wird ein Analysestatus erhalten, aus dem die vordringlichen Analysebereiche abgeleitet werden können (Gap-Analyse). Aus der Gap-Analyse werden Themen für Forschungsprojekte und experimentelle Untersuchungen geplant und durchgeführt. Dies wurde auf internationaler Ebene von der EPRI (Electric Power Research Institute, USA) durchgeführt. An dieser Umfrage haben sich in Deutschland die GRS, die BAM und die TÜV NORD EnSys beteiligt. In Deutschland wurde diese Umfrage auf hiesige Verhältnisse heruntergebrochen und in einem Forschungsprojekt thematisiert. (TÜV NORD 2019)

Bezüglich des Inventars ergeben sich folgende globale Aspekte zur Einhaltung der Anforderungen (TÜV NORD 2019):

- Überprüfung der bisherigen Kriterien auf weitere Gültigkeit und Anwendbarkeit für eine verlängerte Zwischenlagerung
- Gegebenenfalls werden andere Effekte in den Betrachtungen zur Integrität des Inventars führen, die für eine 40-jährige Lagerzeit als Schadensmechanismus ausgeschlossen wurden
- Sind z. B. hochabgebrannte Brennelemente und MOX-Brennelemente weiterhin in ihren Eigenschaften als abdeckend bezüglich der Hüllrohrintegrität anzusehen oder sind gesonderte Betrachtungen erforderlich?

Die Dichtigkeit und die Integrität der Hüllrohre sind im Zwischenlagerbetrieb nicht direkt prüfbar. Hüllrohre werden jedoch stetig durch Strahlung, Nachzerfallsleistung und Innendruck (Druckbeaufschlagung, freigesetzte Spaltgase, Helium) thermisch und mechanisch belastet. Diese Belastungen führen zur Versprödung durch Strahlung und Wasserstoffeinlagerungen und zur

Verformung durch Kriechen und Herabsetzung der Duktilität des Hüllrohres bei Temperaturabnahme. Mögliche Konsequenzen (vor allem für Transport und Konditionierung) sind der Verlust der Dichtheit der Hüllrohre und Verlust der mechanischen Integrität der Hüllrohre. (KILGER 2015)

Für Hüllrohre bestrahlter Brennelemente kann eine erhöhte Spröbruchempfindlichkeit bei mechanischen Belastungen bis zu nachfolgendem Hüllrohrversagen bei Handhabungsvorgängen bzw. Transporten nicht ausgeschlossen werden. Für eine verlässliche Vorhersage der Hüllrohr- bzw. Brennelementintegrität nach verlängerter Zwischenlagerung müssen Degenerierungseffekte bekannt sein und verlässlich beschrieben werden können.

Für die Brennstäbe und die Brennelementstruktur wurden für eine Verlängerung der Zwischenlagerung die folgenden maßgeblichen Effekte identifiziert:

- Oxidation der Hüllrohre
- Betriebliche Wasserstoffaufnahme und daraus folgende Hydrid-Ausscheidungen im Hüllrohr
- Veränderungen in der Kristallstruktur des Hüllrohrmaterials
- Freisetzung von gasförmigen Spaltprodukten aus dem Brennstoff (Brennstoffschwellen)
- Versprödung der Strukturmaterialien durch betriebliche Oxidation und Wasserstoffaufnahme / Ausscheidungen

Potenzielle problematische Inventarzustände im Behälter sind:

- Risse in Hüllrohren,
- Verlagerung von Brennstoff innerhalb von Brennstäben,
- Verlagerung von Brennstoff in den Tragkorb,
- Verlagerung von Brennstoff in untere Behälterregionen.

Das Brennelementverhalten nach verlängerter Zwischenlagerung ist insbesondere für die Bewertung von Transporten von Bedeutung. Jedoch ist die Datenbasis von Brennstabversuchen in der „Heißen Zelle“ hinsichtlich Transportbeanspruchungen zu gering. (BAM 2019b)

Der Effekt der Hydrid-Reorientierung kann die mechanische Duktilität des Brennstabhüllrohrs verschlechtern und sie störanfälliger machen. Eine Bewertung der Umorientierung unter Bedingungen der Trockenlagerung und deren Auswirkungen auf die Duktilität ist daher wichtig. Sehr langsame Abkühlprozesse wie sie in der verlängerten Zwischenlagerung vorkommen, führen zu einer Wasserstoffdiffusion des gelösten Wasserstoffs und Hydridbildung unter thermodynamischer Kontrolle als Gleichgewichtsprozesse. Die GRS hat eine Rechenkette aufgebaut, mit der sich nach aktuellem Stand von Wissenschaft und Technik (W&T) die Integrität für Brennelemente von Druckwasserreaktoren (DWR) während der verlängerten Zwischenlagerung vorhersagen lässt. Die Analyse umfasst dabei Bestrahlungshistorie, Nasslagerung, Trocknungsprozess und anschließende trockene Zwischenlagerung im Behälter. Aber der Stand von W&T muss laut GRS weiter entwickelt werden. Bisher wurden nur Brennelemente von DWR betrachtet. Brennelemente von Siedewasserreaktoren (SWR) und Forschungsreaktoren müssen noch untersucht werden. Zudem muss die Belastbarkeit der Aussagen

durch Unsicherheits- und Sensitivitätsanalysen ermittelt werden. Eine direkte Validierung mit aktuell frei verfügbaren Daten ist nur bedingt möglich. (GRS 2019b)

In der TU Dresden wird die prinzipielle Eignung verschiedener Messverfahren für die nicht-invasive Zustandsüberwachung des Behälterinventars (also ohne Öffnen des Behälters) durch numerische Simulationen und Experimente evaluiert. Potenzielle Zustandsüberwachungsverfahren sind Strahlungsemissionsanalyse, Thermographie, Myonenbildgebung und akustische Methoden. (WAGNER 2019) Laut Wagner bieten diese Verfahren grundsätzlich die Möglichkeit, Informationen über den Zustand des Inventars zu erlangen. Bisher sind aber noch zu wenig reale Daten über das gelagerte Inventar (aus invasiver Überwachung) vorhanden, um die Verfahren anwenden zu können.

Internationale Forschungsprojekte

Ein aktuelles Forschungsprogramm in den USA, an dem deutsche Institute teilhaben können, ist das Forschungsprogramm „Extended Storage Collaboration Program (ESCP)“ der EPRI²⁰. Ziel ist die Bereitstellung der technischen Grundlagen zu einer sicheren Langzeit-Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen einschließlich nachfolgender Transporte. Das Projekt hat drei Phasen: 1. Aufarbeitung des Stand von Wissenschaft und Technik und „Gap“-Analysen für Lagersysteme, 2. Durchführung von Versuchen, Feldstudien und weitergehenden Analysen zum Schließen der Wissenslücken („Gaps“), 3. Nachweis des Langzeitverhaltens realer Lagersysteme. (BAM 2019b)

Detailliertere Untersuchungen im Rahmen des ESCP zeigen, dass reale Brennstabtemperaturen deutlich niedriger als die bislang konservativ unterstellten Temperaturen sind. Geringere Temperaturen führen zu geringeren Brennstab-Innendruck und zu insgesamt weniger radialen Hydridausscheidungen und damit geringerer Versprödung. Zyklische Biegeversuche zeigen erhöhte Festigkeiten. (BAM 2019b)

In einem Projekt der US DoE/EPRI (High Burnup Confirmatory Data Project (DEMO)) wurde im November 2017 ein Behälter des Typ TN-32B mit Brennelementen mit vier unterschiedlichen Hüllrohrmaterialien beladen. Zunächst ist eine 10-jährige Zwischenlagerung geplant, dabei wird eine Gasprobenentnahme während der Abfertigung und der Zwischenlagerung erfolgen. Nachuntersuchungen sind ebenfalls vorgesehen. Die zwischengelagerten Brennstäbe werden mit sogenannten „Sister Rods“, das sind 25 vorab entnommene Brennstäbe, verglichen. Das Projekt soll Aussagen zur Brennstabintegrität an einem beladenen Behälter über einen Versuchszeitraum von mindestens 10 Jahren bestätigen. (BAM 2019b)

Das Projekt „European Joint Programme on Radioactive Waste Management and Disposal“ (EJP, EURAD) wurde Anfang 2019 bewilligt. Die Laufzeit beträgt 2019-2024. Es soll u.a. das Verhalten von Brennelementen untersucht werden. (BAM 2019b)

Die IAEA dokumentiert in den letzten Jahren eine ganze Reihe internationaler Forschungsaktivitäten. Nach einer Auswertung internationaler Forschungsvorhaben fasste Völzke auf der Fachkonferenz zur Zwischenlagerung im Oktober 2019 zusammen: Technisch-wissenschaftliche Fragestellungen zur verlängerten Zwischenlagerung werden international vielfältig adressiert. Themenschwerpunkte sind das Langzeitverhalten der Behälter, ihrer Dichtungssysteme sowie der Brennelemente und -stäbe. Ein

²⁰ Electric Power Research Institute

wirksames Alterungsmanagement bestehender Zwischenlager ist unverzichtbar und generiert wertvolle Informationen. Internationaler Austausch und Kooperation sind unverzichtbar – **konkrete Fragestellungen und Nachweise müssen aber national adressiert werden.** (BAM 2019b)

Brennelementprobleme im Reaktorbetrieb

Der Betrieb im Reaktor (wie erhöhte Oxidschichtdicken an Brennelement-Hüllrohren) hat Auswirkungen auf die Zwischenlagerung. Während ihrer Einsatzzeit im Reaktor kommt es zur Bildung von leichten Oxidschichten auf der Oberfläche der Brennelement-Hüllrohre. In der Spezifikation der Brennelemente wurde für die gesamte Einsatzzeit im Reaktorkern ein Wert von max. 100 µm festgelegt. Die normalen Schichtdicken nach einer Einsatzzeit sind 10 bis 15 µm. In der Vergangenheit gab es bei Philippsburg 2 zweimal erhöhte Schichtdicken bereits nach der ersten oder zweiten Einsatzzeit. Die Messwerte waren zwar unter 100 µm aber ungewöhnlich hoch (meldepflichtige Ereignisse 2005 und 2012). In der Revision 2019 wurden daher optische Inspektionen und Messungen der Oxidschichtdicke von Brennelement-Hüllrohren in Philippsburg 2 durchgeführt. Es gab weitere auch unerwartete Befunde an Brennelementen nach dem ersten Zyklus. Hintergrund der Überprüfung war, dass im AKW Brokdorf 2017 Brennelemente mit Schichtdicken bis 150 µm im oberen Bereich der Brennelemente aufgefunden wurden. Mit einer GRS-Weiterleitungsnachricht wurden auch andere Betreiber zur Kontrolle aufgefordert. (BW 2019b)

Bewertung

Mit zunehmender Zwischenlagerdauer ist von einer alterungsbedingten Veränderung der Materialien bzw. des Zustandes von Behälterkomponenten und bestrahlten Brennelementen bzw. Kokillen auszugehen. Unter Alterung ist die zeitliche irreversible Änderung der chemisch-physikalischen Eigenschaften eines Materials zu verstehen. Alterungseffekte an Inventar und Behälterkomponenten sind heute noch nicht vollständig verstanden.

Alterungseffekte können negative Auswirkungen auf die Sicherheit der Zwischenlagerung haben sowie eine Entladung oder sonstige Vorbereitungen von Brennelementen und Kokillen für die Endlagerung verzögern.

Alterungseffekte können an zahlreichen Behälterkomponenten auftreten. Sicherheitstechnisch relevant sind Material- und Zustandsänderungen an Metall- und Elastomer-Dichtungen im Deckelsystem, an dem Tragkorb zur Aufnahme von Brennelementen oder Kokillen, am Dichtheitsüberwachungssystem (Druckschalter), an den Polyäthylen-Strukturen zur Neutronenabschirmung und an dem Inventar (Brennelement oder Kokille). Direkt prüfbar von außen sind nur die Verschraubungselemente, Korrosionserscheinungen an Mantelfläche und Tragbolzen, die Dichtheitsüberwachung, die Oberflächendosisleistung und das Temperaturprofil.

Negative Alterungseffekte können nicht nur bei Komponenten, die im Behälter verbaut sind, sondern auch bei gelagerten Ersatzteilen von grundsätzlich austauschbaren Komponenten auftreten. Auch dafür muss eine geeignete Lösung gefunden werden, die sich an realistisch abgeschätzten Zwischenlagerzeiten orientiert.

Der Erfahrungsgewinn aus Überwachung beschränkt sich auf zugängliche Behälterbereiche und Infrastruktur. Für den nicht zugänglichen Behälterinnenraum und das Inventar erfolgt derzeit der Kenntnisgewinn primär über Beteiligung an internationaler Forschung. Allerdings ist fraglich, ob die Versuche und Erkenntnisse übertragbar auf die deutsche Situation sind.

In den USA wurde die Zwischenlagerung in Transport- und Lagerbehältern mit einem Forschungsprogramm begleitet. In diesem Rahmen wurde ein Behälter nach 15 Jahren Zwischenlagerung geöffnet. An Primärdeckeldichtung, Nickelbeschichtung des Behälterinnenraumes und am Tragkorb wurden Defekte gefunden. Die Defekte wurden zwar als nicht direkt sicherheitsgefährdend bezeichnet, sie zeigen aber, dass diese Einbauten ihren Zustand während der Lagerung verändern. Die jeweiligen Ursachen für die Defekte konnten nicht vollständig belastbar ermittelt werden. Bei den Brennelementen fanden sich Längenveränderungen von Brennstäben, Durchbiegungen von Brennelementen und nicht erwartete Oxidschichtbelege auf ihren Oberflächen. Laut NEUMANN (2014) lassen die Ergebnisse aus den USA keine direkten Schlüsse für die Zwischenlagerung in Deutschland zu, da sich Brennelemente und Lagerbedingungen unterscheiden. Aber aus den Untersuchungsergebnissen kann eine Empfehlung zur Kontrolle der Behälterinnenräume auch in Deutschland abgeleitet werden.

Die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) erklärt, dass durch wiederkehrende Prüfungen und Inspektionen, Auswertungen von Betriebserfahrungen und Wartungsmaßnahmen bekannte Alterungseffekte bei einer längerfristigen Zwischenlagerung systematisch beobachtet werden müssen. Die GRS warnte aber auch vor dem Auftreten weiterer, bisher noch nicht berücksichtigter Alterungseffekte. (GRS 2015) Bereits vor einem Jahrzehnt hatte die GRS darauf hingewiesen, dass bei Komponenten, deren Überwachung nur mit erheblichem Aufwand möglich ist (z. B. Behälterunterseiten, Neutronenmoderatoren, Brennelemente, Tragkörbe, Behälterinnenflächen), an einer angemessenen Auswahl von Behältern geeignete exemplarische Untersuchungen mit beweisicherndem Charakter vorzunehmen sind. (GRS 2010)

Die GRS erforscht im Auftrag der Bundesregierung Aspekte der Sicherheit der längerfristigen Zwischenlagerung. Dafür werden Modelle und Methoden erarbeitet, mit denen sich das Verhalten einiger wichtiger Eigenschaften der Behälter und Brennelemente simulieren und Prognosen erstellen lassen. Einen Schwerpunkt bildet derzeit die Untersuchung des Langzeitverhaltens von Brennelementen. Die GRS betonte, dass die experimentelle Datenlage zur Validierung der Methoden zur Bestimmung des Langzeitverhaltens der Brennelemente und der Behälter bislang beschränkt ist. Weitere, auch nationale, Forschungen sind deshalb nötig, um das Wissen hierüber zu erweitern. (GRS 2015)

Insbesondere systematische alterungsbedingte Degradierung der Hüllrohre kann die Sicherheit bei verlängerter Zwischenlagerung beeinträchtigen und zu erhöhtem Aufwand bei der Vorbereitung für die Endlagerung führen.

Gemäß RL 2011/70/Euratom, Art. 12, Abs. 1 lit. f) haben die nationalen Programme Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationstätigkeiten zu enthalten, die erforderlich sind, um Lösungen für die Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle umzusetzen. Im Nationalen

Entsorgungsprogramm werden nur einige kurze Erläuterungen in Bezug auf die Zuständigkeiten des Bundes für Forschung und Entwicklung im Zusammenhang mit dem Programm angeführt.

Bei einer Verlängerung der Genehmigung von Zwischenlagern werden Nachweise zum Langzeitverhalten von Werkstoffen und Komponenten der Behälter und Inventare unter den lagerspezifischen Beanspruchungsbedingungen erforderlich. Diese Nachweise müssen aber rechtzeitig erbracht werden, dazu sind umfangreiche Forschungsvorhaben erforderlich.

Es wird im NaPro nicht benannt, für welchen Zeitraum die technischen Voraussetzungen für eine verlängerte Zwischenlagerung untersucht werden. Daher ist zu vermuten, dass nur die laut Gesetz entstehende zeitliche Lücke für die Untersuchungen zugrunde gelegt wird. Nach anderen Schätzungen sind erheblich längere Zeiträume für die notwendige Zwischenlagerung zu betrachten.

Ein Nachweis, ob nach einer langfristigen Zwischenlagerung das Doppeldeckeldichtsystem auch noch in der Lage ist, einen sicheren Abtransport zu gewährleisten und die Handhabung der Behälter auch noch sicher möglich ist, muss deutlich vor Ablauf der Zwischenlagerzeit geführt werden. Nur so kann die erforderliche Forschung durchgeführt werden und ggf. Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Die voraussichtlich sehr langen Lagerzeiträume für die abgebrannten Brennelemente und hochradioaktiven Abfälle haben eine Reihe von Implikationen. Aufgrund der voraussichtlichen langen Lagerzeit ergeben sich vor allem Anforderungen an den Behälter (Integrität und Dichtheit), Verfügbarkeit der Ersatzteile und die Transportfähigkeit am Ende der Zwischenlagerzeit. Aufgrund fehlender Erfahrung und fehlendem Wissen bzgl. negativer Alterungseffekte müssen jetzt neben der Beteiligung an internationalen Forschungsprojekten auch umfangreiche nationale Forschungsvorhaben initiiert werden.

In Deutschland sind zurzeit nur rechnerische Nachweise mit entsprechenden Annahmen möglich. Es ist zurzeit nicht vorgesehen, den Behälter zu öffnen. Es wird aber von fast allen Expertinnen und Experten immer wieder auf die Notwendigkeit hingewiesen, dass reale Daten über den Zustand im Behälter erforderlich sind, um Prognosen aufstellen zu können. Nur die Aufsichtsbehörde stellt sich die Frage, ob der „wahre“ Zustand der Inventare nur durch Öffnen eines Behälters und einer entsprechenden Inspektion (visuell und messtechnisch) zu ermitteln ist. Das BfE verteidigt öffentlich vehement seinen Standpunkt, dass eine Behälteröffnung nicht erforderlich ist.

Für die Sicherheitsbewertungen der langen Lagerzeiten müssen zuverlässige Prognosen aufgestellt werden. Dazu müssen an einer geeigneten repräsentativen Auswahl von Behältern Untersuchungen im Behälterinneren erfolgen.

Eine nicht-invasive Zustandsüberwachung des Behälterinventars kann eine gute Möglichkeit zur Überwachung der Behälter darstellen. Allerdings erst, wenn die verwendeten Methoden ausreichend validiert sind und dies kann nur mit Gewinnung von realen Daten aus dem Inneren der Behälter erfolgen.

Detailliertere Untersuchungen im Rahmen eines internationalen Forschungsprojekts zeigen einerseits, dass reale Brennstabtemperaturen deutlich niedriger als die bislang konservativ unterstellten Temperaturen sind. Allerdings liegen andererseits bisher wenig Langzeiterfahrungen/Untersuchungen zu Hochabbrand-Brennelementen vor.

Je höher die Temperatur desto stärker ist der Einfluss von Alterungseffekten, daher werden die Alterungseffekte von hoch-abgebrannten Brennelementen stärker sein als von vor Jahrzehnten eingesetzten Brennelementen, die jetzt seit längerer Zeit in Zwischenlagern aufbewahrt werden. Für Brennstoffe mit hohem Abbrand (mehr als 45 GWd/t), sowie für MOX-Brennstoff (insbesondere bei hohem Anfangsplutoniumgehalt) und im Allgemeinen für lange Lagerzeiten (mehr als 40 Jahre) liegen keine ausreichenden Erfahrungen vor. Möglicherweise werden Schadensmechanismen die Integrität des Inventars gefährden, die für eine 40-jährige Lagerzeit ausgeschlossen wurden. Der Stand von Wissenschaft und Technik muss weiter entwickelt werden. Zudem muss die Belastbarkeit der Aussagen durch Unsicherheits- und Sensitivitätsanalysen ermittelt werden.

Das Brennelementverhalten nach verlängerter Zwischenlagerung ist insbesondere für die Bewertung von Transporten von Bedeutung. Jedoch ist die Datenbasis von Brennstabversuchen in der „Heißen Zelle“ hinsichtlich Transportbeanspruchungen zu gering.

Zusätzlich ist es wichtig, das Langzeitverhalten der sehr speziellen Brennstoffe in Deutschland aus Nichtleistungsreaktoren wie beispielsweise die Brennelemente des AVR und des Forschungsreaktors München (FRM II) zu untersuchen, um die Risiken für langfristige Zwischenlagerung und den anschließenden Transport zu minimieren.

Eine große Anzahl internationaler Forschungsvorhaben mit wissenschaftlichen Fragestellungen zur verlängerten Zwischenlagerung werden zurzeit durchgeführt. Internationaler Austausch und Kooperation sind sehr wichtig. Jedoch müssen bestimmte Aspekte in Deutschland untersucht werden. Untersuchungsprogramme zum Nachweis des Langzeitverhaltens von Behälterkomponenten (z. B. Metalldichtungen) und Inventaren (z. B. Brennstabintegrität) für eine verlängerte Zwischenlagerung ist mit hohem Zeit- und Kostenaufwand verbunden und muss frühzeitig initiiert werden. Vielfach besteht die nationale Forschung noch im ersten Schritt: im Zusammentragen von internationalen Forschungsergebnissen.

Fast alle in Deutschland gelagerten Behälter sind CASTOR-Behälter des Herstellers GNS. Diese werden andererseits auch fast nur in Deutschland eingesetzt. Insofern ist nationale Forschung besonders wichtig. Es ist wenig hilfreich dass der Behälterhersteller GNS die Auffassung vertritt, die Behälter seien auch für eine verlängerte Zwischenlagerzeit ausreichend sicher. Expertenorganisationen halten hingegen erheblichen Forschungsbedarf für erforderlich.

Zu bedenken ist auch, dass der aktuelle Betrieb in deutschen Reaktoren (wie erhöhte Oxidschichtdicken an Brennelement-Hüllrohren) Auswirkungen auf die Zwischenlagerung hat. Es traten im Reaktorbetrieb im letzten Jahrzehnt vielfach Brennelementschäden auf.

4.2 Fehlende Anforderungen

Im „Erster Bericht zur Durchführung der Richtlinie 2011/70/Euratom“ (BMUB 2015f) wird erklärt, dass für die Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und radioaktiven Abfällen die von der Entsorgungskommission (ESK) erarbeiteten Leitlinien „*ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente und Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle in Behältern, Empfehlung der Entsorgungskommission*“ (ESK 2013) zu Grunde liegen. Durch diese würden Anforderungen an eine sichere Zwischenlagerung unter Berücksichtigung der wechselseitigen Abhängigkeiten der

einzelnen Entsorgungsschritte gestellt. Auch im „Zweiter Bericht zur Durchführung der Richtlinie 2011/70/Euratom“ wird erklärt, dass speziell für die Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und radioaktiven Abfällen die Leitlinien der Entsorgungskommission (ESK-Leitlinien) die Anforderungen zusammenfassen. (BMU 2018a)

Die ESK-Leitlinien beziehen sich auf eine zeitlich befristete Aufbewahrung mit dem Ziel einer nachfolgenden Endlagerung. Als geeigneter Maßstab kann laut ESK der Zeitraum von 40 Jahren herangezogen werden. Ist dieser Zeitraum absehbar nicht ausreichend, sind **geeignete zusätzliche Nachweise** (z. B. zum Langzeitverhalten von Werkstoffen und Komponenten der Behälter und Inventare unter den lagerspezifischen Beanspruchungsbedingungen) zu erbringen.

Im November 2010 hatte die ESK „*Empfehlungen für Leitlinien zur Durchführung von periodischen Sicherheitsüberprüfungen für Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente und Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle (PÜ-ZL)*“ herausgegeben. (ESK 2010) Die Notwendigkeit entsprechender Regelungen ergab sich sowohl aus den Referenzleveln der WENRA als auch durch die Anforderungen an die Zwischenlagerung in der Richtlinie 2009/71/Euratom zur nuklearen Sicherheit kerntechnischer Anlagen. (BMUB 2014b) Im März 2014 wurden dann die überarbeiteten „*Leitlinien zur Durchführung von periodischen Sicherheitsüberprüfungen und zum technischen Alterungsmanagement zur Zwischenlagerung für bestrahlte Brennelemente und Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle*“ von der ESK veröffentlicht (ESK 2014).

Zu den Zielen der PSÜ gehört auch eine aktualisierte Sicherheitsbewertung unter Berücksichtigung des Standes von Wissenschaft und Technik und die Einhaltung der sicherheitstechnischen Anforderungen im Hinblick auf die Handhabung und den späteren Abtransport der Transport- und Lagerbehälter. Der Inhalt der PSÜ soll auch eine Überprüfung und ggf. Aktualisierung der Störfallanalyse im Hinblick auf die Auslegungsstörfälle und auslegungsüberschreitenden Ereignisse sowie der dafür vorgesehenen Maßnahmen umfassen. (BMUB 2014b)

Eine Überwachung des Behälterinventars und der im Innenraum befindlichen Behälterkomponenten ist für die auf 40 Jahre begrenzte Zwischenlagerdauer bisher nicht vorgesehen. Zu den Prüfzielen der PSÜ gehört auch das Technische Alterungsmanagement. Dieses betrifft: zugängliche Behälterbereiche, Gebäude, technische Einrichtungen aber nicht die nicht zugänglichen Behälterbereiche und Inventare. In den 2014 veröffentlichten ESK-Leitlinien zur periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) sind weder Vorgaben zur Prüfung der Brennelemente bzw. HAW-Kokillen noch zur Prüfung der Primärdeckeldichtungen, des Behälterinnenraumes bzw. der in ihm befindlichen Komponenten enthalten.

Verlängerte Zwischenlagerung der abgebrannten Brennelemente über genehmigte Zeiträume hinaus erfordert neue Genehmigungen auf Basis neuer Nachweise und Befassung des Bundestages. Vorhandene Regelwerke sind auf eine begrenzte Betriebszeit der Zwischenlager zugeschnitten, regulatorische Anforderungen für verlängerte Zwischenlagerdauern müssen noch definiert werden.

Nur wenn der Antragsteller alle gesetzlichen Anforderungen an eine sichere Aufbewahrung erfüllt, kann und wird das BfE eine Genehmigung erteilen. Grundlage sind die zum Antragszeitpunkt jeweils aktuell geltenden Anforderungen nach Stand von Wissenschaft und Technik. Die Nachweisführung würde nach dem zur Zeit der Verlängerungsverfahren gültigen Stand von Wissenschaft und Technik erfolgen.

Sowohl eine Verlängerung der geltenden Genehmigungen nach § 6 AtG an sich als auch eine Verlängerung der Aufbewahrungszeit der Kernbrennstoffe in den einzelnen Behältern bedürfen eines Genehmigungsverfahrens, in dem alle Nachweise neu geprüft und bewertet werden. Voraussetzung für eine Genehmigung ist, dass der Antragsteller erfolgreich nachweisen kann, dass die bestrahlten Kernbrennstoffe in den einzelnen Behältern auch über die bisher genehmigte Aufbewahrungszeit hinaus sicher aufbewahrt werden können.

Die Betreiber der Zwischenlager sind verpflichtet, sich spätestens **acht Jahre** vor Ablauf der Genehmigung schriftlich über ihre Vorhaben zu äußern, in Einzelfällen spätestens sechs Jahre vor Ablauf. 2034 läuft die erste Zwischenlager-Genehmigung aus, ab 2028 müssen die Betreiber also Pläne zum weiteren Umgang vorlegen.

Bewertung

Die bisherigen Anforderungen an Untersuchungen und Sicherheitsnachweise beziehen sich nur auf einen Lagerzeitraum von 40 Jahren. Insofern müssen neue Sicherheitsanforderungen formuliert werden und auch in entsprechenden Leitlinien bzw. im untergesetzlichen Regelwerk festgeschrieben werden. Zudem sind die Gebäude und die vorhandene Ausstattung der Zwischenlager bisher nur für einen Zeitraum von 40 Jahren ausgelegt.

Fachlich ist nicht nachvollziehbar, warum die ESK in ihren Leitlinien keine Untersuchung des Innenraums der Behälter fordert bzw. empfiehlt. Die ESK-Leitlinien sind nicht für die offenbar erforderlichen langen Zwischenlagerzeiträume formuliert.

Auch die Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (GRS) erklärt, dass die in den Behältern gelagerten Brennelemente untersucht werden müssen.

Aufgrund der notwendigen Verlängerung der Lagerzeit wäre es dringend erforderlich, den Zustand des Behälterinventars und des Tragkorbs sowie weiterer Behälterbauteile zum Beispiel im Rahmen der PSÜ zu überprüfen. Dies sollte für ausgewählte Behälter erfolgen, die ein repräsentatives Spektrum von Behältertyp, Behälterinventar und Beladevorgang abdecken. Die bisher bekannten Untersuchungen in Deutschland zu den Effekten im Behälterinnenraum sind unzureichend. Vor allem sind die teilweise durchgeführten theoretischen Berechnungen nicht durch praktische Untersuchungen verifiziert. Dies kann nur durch Öffnen von Behältern in einer Heißen Zelle geschehen. (NEUMANN 2014)

Überprüfungen sollten entweder als Sonderprogramm oder im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) erfolgen und sollten auch das Behälterinnere inklusive der Brennelemente inspizieren, zumindest in repräsentativen Stichproben. Eine entsprechende Änderung der PSÜ-Leitlinien wäre ein erster Schritt, um die in dem o.g. Diskussionspapier der Entsorgungskommission (ESK), von der Endlagerkommission und von Experten für erforderlich gehaltenen Untersuchungen durchzuführen.

Es ist nicht bekannt, welche Erfahrungen bisher hinsichtlich der periodischen Sicherheitsüberprüfungen (PSÜ) und des technischen Alterungsmanagements vorliegen.

Es sollte aus den Erfahrungen der Zwischenlagerung der schwach- und mittel-radioaktiven Abfälle gelernt werden. Dort war der Korrosionsproblematik zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt worden. Die

durch die ESK-Leitlinien seit mehreren Jahren vorgeschriebenen regelmäßigen visuellen Inspektionen der Abfallbinde werden oft nicht im erforderlichen Umfang durchgeführt. (BMUB 2015a)

Auch an die **Lagergebäude** müssen bei den langfristigen Zwischenlagern zusätzliche Anforderungen gestellt werden. Im Nutzungszeitraum sinkt der Bauwerkswiderstand durch Alterung und durch einwirkungsbedingte Schädigungen. Deren Vorhersage, insbesondere über lange Zeit, ist mit Unsicherheit verbunden. Deshalb muss der Bauwerkszustand während des Betriebs überwacht werden. Dazu stehen bereits heute viele Möglichkeiten zur Verfügung, die beispielsweise bei Brücken und Offshore-Bauwerken zum Einsatz kommen. Im Rahmen des ENTRIA-Projekts (Arbeitspaket 7.2) sollen für Systemkomponenten und -gruppen Monitoring-, Prognose- und Interventionswerkzeuge (Reparatur, Austausch, Ertüchtigung etc.) entwickelt werden. (ENTRIA 2017) Die Ergebnisse von ENTRIA bezüglich der Anforderungen an die Gebäude für eine langfristige oberflächennahe Zwischenlagerung sollten in den Sicherheitsanforderungen für die erforderlichen langen Genehmigungszeiträume der Zwischenlager berücksichtigt werden.

4.3 Fehlende Einrichtungen

Die meisten bestehenden Zwischenlager in Deutschland wurden Anfang der 2000er Jahre an den AKW-Standorten errichtet. Ihr Betrieb ist daher an Infrastruktureinrichtungen des AKWs gebunden. Der Rückbau der Reaktoren bleibt in der Hand der Energieversorgungsunternehmen, während der Betrieb des Zwischenlagers in die Verantwortung der BGZ übergeht. Aus baulich-technischer bzw. organisatorischer Sicht werden die bestehenden Standortzwischenlager infolge der Übertragung nicht automatisch zu autarken kerntechnischen Anlagen. Die BGZ wird für bestimmte Leistungen weiterhin auf das AKW zurückgreifen. Da die Zwischenlager standortspezifische Komplexitätsgrade zur Umsetzung eines autarken Betriebs aufweisen, ist eine pauschale Aussage zur zeitlichen Perspektive bezüglich der endgültigen Umsetzung nicht möglich, erklärt die BGZ (BGZ 2019b)

Die Brennelemente und verglasten Abfälle aus der Wiederaufarbeitung werden in Transport- und Lagerbehältern mit einem Doppeldeckelsystem zwischengelagert. Der innere Deckel (Primärdeckel) und der äußere Deckel (Sekundärdeckel) besitzen je eine Metalldichtung. Wird eine Undichtigkeit am Primärdeckel festgestellt, kann diese nicht im Zwischenlager behoben werden, da der Behälter nach Abnahme des Primärdeckels gegenüber der Gebäudeatmosphäre und damit zur Biosphäre insgesamt offen wäre. In einer Bewertung der eingegangenen Stellungnahmen zum Nationalen Entsorgungsprogramm erklärt die Bundesregierung dennoch, dass derzeit keine Erkenntnisse vorliegen, die die Errichtung „Heißer Zellen“ an den Standorten der Zwischenlager erforderlich machen. (BMUB 2016a)

Für eine Instandsetzung des Systems gibt es laut Angaben der Bundesregierung zwei Möglichkeiten:

- Reparaturkonzept mit Aufbringen eines dritten Deckels, dem sogenannten Fügedeckel, über dem Sekundärdeckel zur Wiederherstellung des Doppeldichtsystems oder
- Verbringung des Behälters in eine „Heiße Zelle“ zum Austausch der Primärdeckeldichtung nach Öffnung des Behälters.

Im Oktober 2019 erklärte das BfE auf einem Fachworkshop der BGZ zur Zwischenlagerung, es sollen hinsichtlich des Alterungsmanagements der Behälter auch die möglichen neue Bedarfe bewertet werden.

Dazu gehört auch die Frage, ob für experimentelle Untersuchungen an Behältern der Bedarf einer „Heißen Zelle“ besteht. Ebenso muss ein „Was-wäre-wenn“-Plan für den Fall eines Bedarfs zum Umladen von Inventaren in andere Behälter erstellt werden. (BFE 2019b)

Bewertung

Der Rückbau der AKWs hat auch Auswirkungen auf den Betrieb der Zwischenlager. An allen Standort-Zwischenlagern könnte gegenwärtig das benachbarte Reaktorgebäude als „Heiße Zelle“ genutzt werden. (NEUMANN 2014) Dies ist aber nur noch eine sehr begrenzte Zeit möglich. Ein Vertreter der Atomaufsicht Schleswig-Holstein wies darauf hin, dass im Rahmen der erforderlichen Verlängerungen der Zwischenlager berücksichtigt werden muss, dass ein Problem bereits lange vor Ende der bestehenden Genehmigungen der Zwischenlager besteht: Es ist keine „Heiße Zelle“ für Reparatur-, Wartungs- und Prüfmaßnahmen mehr vor Ort vorhanden. Die folgende Grafik verdeutlicht den Zusammenhang (BACKMANN 2016):

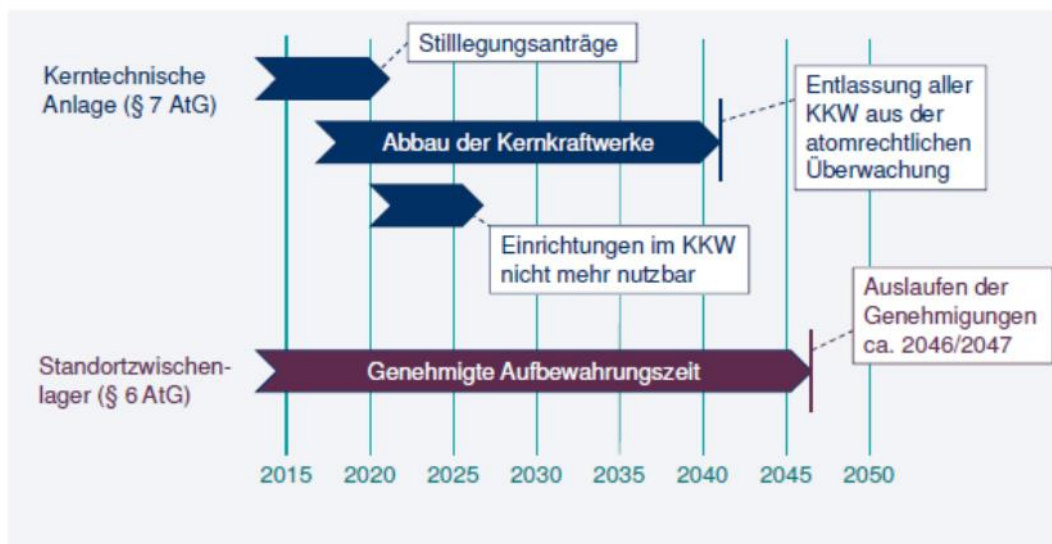


Abbildung 2: Zeitlicher Ablauf der Stilllegung der Atomkraftwerke und damit Fehlen einer „Heißen Zelle“

In den ESK-Leitlinien zur Zwischenlagerung sind für den Fall einer Primärdeckelundichtigkeit sowohl das Verbringen in eine andere Anlage als auch die Reparatur mit Fügedeckel zugelassen. (ESK 2013) Dabei wurde jedoch, wie bereits erwähnt, nur eine Zwischenlagerdauer von 40 Jahren unterstellt. Es muss jedoch für die meisten Behälter von einer deutlich längeren Lagerzeit ausgegangen werden. Aus sicherheitstechnischer Sicht ist die Auswechslung der Primärdeckeldichtung gegenüber dem Reparaturkonzept mit Fügedeckel zu bevorzugen.

Das Reparaturkonzept mit Fügedeckel wurde bereits bei der Genehmigung der Standortzwischenlager kontrovers diskutiert. Ein wesentlicher Kritikpunkt am Konzept ist, dass der Fügedeckel im Störfall nicht die Qualität einer notwendigen zweiten Barriere besitzt, denn die Störfallsicherheit des Fügedeckels ist nicht gegeben. Dadurch kann es bei bestimmten Störfällen (z. B. Flugzeugabsturz) zu weit höheren Freisetzungen kommen, als sie in den Genehmigungsverfahren unterstellt worden sind. (NEUMANN 2014)

Aufgrund der notwendigen langen Lagerzeiten sollten an allen langfristigen Zwischenlagerstandorten während der gesamten zu erwartenden Betriebszeit „Heiße Zellen“ vorhanden sein, in denen ggf. der Austausch von Primärdeckeldichtungen sowie die Überprüfungen von Inventar und Einbauten im Behälterinnenraum möglich sind.

4.4 Mängel in der Qualitätssicherung

Nachdem Mängel bemerkt wurden, war eine Überprüfung der Dokumentation der Qualitätssicherung bei der Herstellung von Tragzapfen aller Transport- und Lagerbehälter des Typ Castor erforderlich geworden. Im Zwischenlager des abgeschalteten Atomkraftwerks Unterweser war der Mangel 2014 zunächst an vier Behältern aufgefallen. Bei den Tragvorrichtungen aus Stahlguss, mit deren Hilfe die Castoren angehoben, umgestellt und verladen werden können, war entweder die vorgeschriebene Ultraschallprüfung nicht erfolgt oder diese nicht ausreichend dokumentiert worden. Daraufhin hatte die Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) alle Castor-Behälter in den Zwischenlagern überprüft und festgestellt, dass bundesweit 315 beladene und in den Zwischenlagern aufbewahrte Behälter unzureichend überprüfte Tragzapfen haben. Nach Auffassung der BAM sind Konsequenzen erforderlich. (NMU 2015a)

Bewertung

Dieser Vorfall zeigt, dass umfangreiche Mängel in der Qualitätssicherung der Behälter bestehen können. Insgesamt sind Material- und Komponentenschäden nicht auszuschließen, die insbesondere bei einer langfristigen Zwischenlagerung negative Auswirkungen auf die Sicherheit haben können. Zudem könnte bei Qualitätsmängeln an den Behältern ein späteres Abtransportieren zum Endlagerstandort erheblich verzögert werden. **Qualitätsmängel an Behälterkomponenten wirken sich bei einem deutlich längeren Lagerzeitraum stärker aus und müssen daher neu bewertet werden.**

Erschwerend kommt hinzu, dass sich auch die Frage der **langfristigen Verfügbarkeit austauschbarer Komponenten** wie z. B. Druckschalter, Metalldichtungen, Tragzapfen und Schrauben stellt. Aufgrund der derzeit vorliegenden Erfahrungen ist innerhalb der genehmigten Lagerzeiten nicht von einem systematischen Ausfall und Ersatzbedarf auszugehen. Es ist derzeit jedoch nicht geklärt, ob dies auch für verlängerte Zwischenlagerzeiten gilt. Es wäre daher für eine verlängerte Zwischenlagerung zu zeigen, dass die Funktionstüchtigkeit auch bei austauschbaren Komponenten weiterhin zuverlässig gewährleistet ist, und dass für einen ggf. erforderlichen Austausch die benötigten Ersatzkomponenten zur Verfügung stehen. (ESK 2015)

5 Unzureichender Schutz gegen Terrorangriffe

Eine große Menge (mehr als 10.000 Tonnen Schwermetall) an hoch-radioaktivem Material muss in Deutschland noch für einen langen Zeitraum oberirdisch gelagert werden. Neben den Fragen der Sicherheit sind auch Aspekte der Sicherung von großer Bedeutung.

Unter dem Begriff der Sicherung von Atomanlagen wird in Abgrenzung zum Begriff der Sicherheit der Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter (kurz SEWD) verstanden. Besonders relevant aus dem Bereich Sicherung ist der Schutz gegen Terroranschläge.

Auf die Gefahr eines terroristischen Angriffs auf ein Zwischenlager wird mit Bezug auf die Ereignisse am 11.09.2001 auch von der EU-Kommission hingewiesen. (EU KOM 2002)

5.1 Nachrüstungen gegen SEWD-Ereignisse

Die Basis für die Sicherung von Zwischenlagern bildete zunächst der inhärente Schutz durch den Transport- und Lagerbehälter selbst. Es wurde davon ausgegangen, dass dieser einen ausreichenden Schutz gegen die bei ortsfesten kerntechnischen Einrichtungen zu unterstellenden gewaltsamen Einwirkungen bietet. Das Zwischenlagergebäude musste daher baulich nicht so ausgeführt werden wie beispielsweise die relevanten Gebäude eines Atomkraftwerkes.

Sowohl die Szenarien als auch die festgelegten Sicherungsmaßnahmen werden regelmäßig überprüft und zwischen dem BMU, den atomrechtlichen Aufsichts- und Genehmigungsbehörden, den Innenbehörden des Bundes und der Länder, dem BfE (jetzt BASE), den Sicherheitsbehörden des Bundes sowie Sicherheitsexperten abgestimmt. Die unmittelbar beteiligten Bund-Länder-Gremien im Bereich der Sicherung sind der Arbeitskreis Sicherung und die Kommission "Sicherung und Schutz kerntechnischer Einrichtungen" (KoSikern).²¹

Unter Leitung des Bundesumweltministeriums haben sich 2010 die o.g. Behörden mit den Betreibern auf ein gemeinsames generisches Sicherungskonzept zur Nachrüstung der Zwischenlager verständigt. Aufgrund eines Erlasses des BMU vom 28. März 2011 forderte dann das BfS (jetzt BASE) als Genehmigungsbehörde die Betreiber von Zwischenlagern mit Schreiben vom 15. April 2011 auf, die zur Verbesserung der Sicherungsmaßnahmen der Zwischenlager erforderlichen Maßnahmen einzuleiten. (DBT 2016)

Für alle Zwischenlager wurde daher in einer Änderungsgenehmigung zur bestehenden Genehmigung eine „Erweiterung des baulichen Schutzes gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD)“ beantragt. Laut BMU hatte sich zu bestimmten Angriffsszenarien im Nahbereich der Transport- und Lagerbehälter, die zu Schutzzielverletzungen führen können, die Bewertung und Erkenntnislage derart verändert, dass die Sicherungsmaßnahmen optimiert werden müssen. Dazu werden bauliche Maßnahmen und – bis zu deren Umsetzung – temporäre Maßnahmen durchgeführt. Einzelheiten zu den neuen Erkenntnissen, den Lastannahmen²² und den Sicherungsmaßnahmen

²¹ Beim Arbeitskreis Sicherung handelt es sich um einen Arbeitskreis des Fachausschusses Reaktorsicherheit des Länderausschusses für Atomkernenergie. Die KoSikern ist eine Kommission des Unterausschusses Führung, Einsatz, Kriminalitätsbekämpfung des Arbeitskreises II der Innenministerkonferenz.

²² In den sogenannten Lastannahmen werden u.a. Täterverhalten und Tatabsichten, zu unterstellende Waffen und Hilfsmittel festgelegt. Gegen diese Szenarien muss eine Atomanlage ausreichend geschützt sein.

unterliegen der Geheimhaltung und können daher laut Bundesregierung öffentlich nicht genannt werden, um ihre Wirksamkeit nicht zu gefährden. (BMUB 2012)

Mit den Maßnahmen wird im Wesentlichen das Ziel verfolgt, die Außenwände der SZL bis in eine spezifische Mindesthöhe soweit zu verstärken, dass sie der **geforderten Barriereklasse** entsprechen. Die erforderliche Klassifikation der Außenwände wird in einzelnen SZL bereits durch die vorhandene Baustruktur erreicht. Für die Lagergebäude nach STEAG-Konzept²³ sollen Verstärkungen insbesondere am Sozial- und Betriebsgebäude erfolgen. Für Lagergebäude nach WTI-Konzept²⁴ sind in Bereichen mit geringer Wandstärke in einem bestimmten Abstand zur **Außenwand Stahlbetonwände geplant, mit deren Hilfe die erforderliche Barriereklasse** erreicht wird. Der Bereich zwischen Zusatzwand und Lagergebäude soll überdacht werden.

Es ist vorgesehen eine Schutzwand aus Stahlbeton von einer Höhe von ca. 10 m im Abstand von 2,40 m an den Längsseiten zu errichten. Die zusätzlichen Schutzwände werden aus Stahlbeton mit einer Wandstärke von 85 cm und einer Höhe von 10 m ausgeführt. Die Wandstärke hat die gleiche Dicke wie die Außenwände des Lagergebäudes nach dem WTI-Konzept. Des Weiteren werden, sofern erforderlich, bei allen Lagergebäuden die Gitter in Lüftungs- und anderen Öffnungen ausgetauscht sowie Außentüren und Tore der Lagergebäude so ersetzt, dass auch sie **die erforderliche Widerstandsklasse** aufweisen.

Durch die geplanten Maßnahmen zur Anlagensicherung ist mit Rückwirkung auf das jeweilige SZL und das zugehörige Terrain zu rechnen, welche es in den Genehmigungsverfahren zu untersuchen gilt. Die Antragstellerin hat den Nachweis zu erbringen, dass erhöhte Lasteinleitungen durch getauschte Türen und Tore in massiveren Bauausführungen auch weiterhin erfolgreich durch das Bauwerk abgetragen werden. Der Personenzugang zum SZL erfolgt durch eine vorgebaute Vereinzelungsanlage an der Gebäudelängsseite.

Wie bereits erwähnt, wurde unter der Leitung des BMU aufgrund einer neuen geänderten Erkenntnislage ein Sicherungskonzept für die SZL entwickelt und in der 2012 veröffentlichten Richtlinie zur Sicherung von Zwischenlagern gegen SEWD festgeschrieben. Ein wesentliches Charakteristikum des veränderten Sicherungskonzepts ist, dass nunmehr die Betreiber das Eindringen einer umfangreich mit Hilfsmitteln ausgestatteten Tätergruppe in das Lagergebäude und somit das Einwirken auf die Behälter von innerhalb des Lagergebäudes zu verhindern haben. Zentraler Bestandteil des Sicherungskonzepts ist eine lückenlose Barrierelinie bestehend aus Baustrukturen aus Stahlbeton und Öffnungsverschlüssen (Türen, Toren, Gitter) zum Schutz des inneren Sicherungsbereichs, die unter Zuhilfenahme der in den Lastannahmen beschriebenen Hilfsmittel nicht innerhalb der Verzugszeit überwunden werden kann.

Das vom Betreiber (Entsorgungswerk für Nuklearanlagen GmbH - EWN) zunächst entwickelte und beantragte Konzept zur SEWD-Nachrüstung für das Zwischenlager Nord in Lubmin erwies sich als nicht genehmigungsfähig. Die EWN zog daher den betreffenden Genehmigungsantrag am 20. Juli 2015 zurück.

²³ Nordlager: Brokdorf, Unterweser, Brunsbüttel, Lingen, Krümmel, Grohnde

²⁴ Südlager: Grafenrheinfeld, Isar, Gundremmingen, Philippsburg, Biblis

Das Zwischenlager Nord (ZLN) liegt direkt am Betriebsgelände des stillgelegten AKWs Greifswald. Betreiber ist die bundeseigene EWN. Das derzeitige Zwischenlager besteht aus einem achtschiffigen Hallenkomplex zur Lagerung radioaktiver Abfälle, an den ein weiterer Teil mit Behandlungseinrichtungen zur Konditionierung von Abfällen angeschlossen ist. Die Hallen 1 bis 7 dienen der Aufnahme nicht wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle²⁵, die Halle 8 der Aufnahme von Kernbrennstoffen.²⁶ Aktuell befinden sich insgesamt 74 Behälter²⁷ in Halle 8 des Zwischenlagers Nord, weitere Einlagerungen sind bisher nicht vorgesehen. Die derzeitige Aufbewahrungsgenehmigung gilt bis zum 31. Oktober 2039. (BFE 2016a)

Es war dem Betreiber überlassen, einen Genehmigungsantrag zu formulieren und einzureichen. Die Bundesregierung ging davon aus, dass dies baldmöglichst erfolgt. (DBT 2015b) Noch im Januar 2017 verfügte die Landesregierung Mecklenburg-Vorpommern nicht über Erkenntnisse, ob zur Sicherung des Zwischenlagers in Lubmin gegen mögliche terroristische Angriffe der Neubau einer oder mehrerer besser gesicherter Hallen erforderlich sein wird. (LT MV 2017)

Im Mai 2019 beantragte die EWN GmbH den Bau eines neuen Zwischenlagers für Castoren in Lubmin. Grund sind die erhöhten Sicherheitsanforderungen. Die Castoren werden frühestens Ende 2026 umgelagert werden können. (NDR 2019)

Laut Betreiber und Genehmigungsbehörde sorgen **temporäre Maßnahmen** derzeit für ausreichenden Schutz. Mit temporären Maßnahmen müssen die Betreiber so lange ein ausreichendes Sicherungsniveau sicherstellen bis die erforderliche bauliche und sonstige technische Nachrüstung des jeweiligen Zwischenlagers abgeschlossen ist. Es handelt sich im Wesentlichen um personelle sowie administrative Maßnahmen. Grundsätzlich haben aus Sicht der Bundesregierung bauliche und sonstige technische Maßnahmen Vorrang vor personellen Maßnahmen.

Auch für andere Zwischenlager wie die Lagerhalle in Gorleben sollen temporäre Maßnahmen den Schutz vor SEWD-Ereignissen gewährleisten. Einzelheiten zu den o. g. Sicherungsmaßnahmen unterliegen der Geheimhaltung und dürfen öffentlich nicht genannt werden, um die Wirksamkeit der Maßnahmen nicht zu gefährden. Die dortige Lagerhalle dient im Rahmen ihrer genehmigten Auslegung während der Lagerzeit als Schutz vor äußeren Einwirkungen (u. a. Witterungseinflüsse) für die Behälter. Die Lagerhalle mit ihren 50 cm starken Außenwänden und der Decke aus 20 cm Stahlbeton muss keine Sicherheitsfunktionen für die Behälter übernehmen. Am 21.06.2018 erteilte das BfE die 6. Änderungsgenehmigung zur Erweiterung des baulichen Schutzes des TBL Gorleben gegen Störmaßnahmen und sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD). (NLT 2019)

²⁵ Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde für die Hallen 1 bis 7 sowie die Behandlungseinrichtungen des Zwischenlagers Nord ist das Ministerium für Inneres und Sport Mecklenburg-Vorpommern.

²⁶ In Halle 8 des Zwischenlagers Nord ist ein kleiner Platz für die staatliche Verahrung von Kernbrennstoffen reserviert: Für den Fall, dass beispielsweise bei Grenzkontrollen kleinere Mengen an Kernbrennstoffen aufgefunden werden, muss der Staat die sichere Aufbewahrung sicherstellen. Hierfür sind vorsorglich drei Behälterstellplätze im Zwischenlager Nord angemietet, die aber derzeit nicht genutzt werden.

²⁷ 59 Behälter mit Brennelementen aus dem AKW Greifswald, 6 Behälter mit Brennelementen aus dem AKW Rheinsberg, 4 Behälter mit Brennstäben aus Karlsruhe und dem Forschungsschiff "Otto Hahn" und 5 Behälter aus der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe

Bewertung

In den norddeutschen Zwischenlagern²⁸ nach dem STEAG-Konzept (Stärke der Wand: ca. 120 cm, Stärke Decke: 130 cm) soll das Lagergebäude zumindest einen gewissen Schutz vor Einwirkungen von außen gewährleisten. In den süddeutschen Zwischenlagern²⁹ nach dem WTI-Konzept (Stärke der Wand: ca. 85 cm, Stärke der Decke: ca. 55 cm) sowie in den zentralen Zwischenlagern sollten im Wesentlichen nur die Behälter selbst den Schutz vor Einwirkungen von außen gewährleisten.

Nachrüstmaßnahmen sind aber für alle deutschen Zwischenlager erforderlich und 2011 auch an allen Standorten beantragt worden. Erst für zehn³⁰ von 16 Zwischenlagern wurden die Genehmigungen bisher – neun Jahre später – erteilt; die Erteilung einiger Genehmigungen steht noch aus. Es fehlen die Genehmigungen für Brokdorf, Grohnde und Philippsburg. Weiterhin für die Lager in Brunsbüttel und Jülich, die zuzeit keine gültige Betriebsgenehmigung haben, sowie für das Zwischenlager Nord. Für das Zwischenlager Nord sind die geplanten „Härtungen“ nicht durchführbar, daher ist ein Neubau der Halle geplant.

Im Wesentlichen werden die Lagerhallen entlang einiger Wände durch eine zusätzliche zehn Meter hohe und nur 85 cm dicke Mauer geschützt. Auch der Zugang der Hallen wird verändert, so dass ein Eindringen von Unbefugten erschwert wird. Die Vereinzelungsanlage erschwert insbesondere den unbefugten Zugang. Ob damit allerdings jeglicher unbefugter Zugang in die Halle verhindert werden kann, ist nicht belegt. Der Umfang und die Zielsetzung der Nachrüstungen sind nicht öffentlich. Diese Nachrüstungen an den bestehenden Zwischenlagern können die Gefährdung durch einen Terroranschlag geringfügig verringern.

Die Bundesregierung erklärte, dass sie sich mit den Betreibern auf die Nachrüstungen geeinigt hat. Damit wird deutlich, dass nicht die Nachrüstungen erfolgen, die aufgrund der bestehenden Sicherheitsdefizite erforderlich sind, sondern jene, die dem Betreiber zumutbar sind.

Es geht bei den Nachrüstungen nicht um Schutz gegen bestimmte Szenarien, sondern dass der Schutz der Gebäude der geforderten Barriereklasse bzw. Widerstandsklasse entspricht. Im Antragsverfahren wird nicht die Wirksamkeit der Härtingsmaßnahmen nachgewiesen, sondern lediglich, dass von dieser Maßnahme keine negative Rückwirkung auf die Lagerung ausgeht. Zu bedenken ist, dass die Gebäude ursprünglich untergeordnete sicherheitstechnische Bedeutung hatten und heutzutage einen Anteil am Schutz vor SEWD haben sollen. Da die Hallen bereits gebaut sind, ist durch Nachrüstungen nur eine bedingte Verbesserung der Situation möglich. Die Halle, die in Lubmin neu gebaut wird, wird einen deutlich besseren baulichen Schutz gewährleisten.

Anzumerken ist, dass sich inzwischen Lagersysteme auf dem Markt befinden, die gegen Terroranschläge ausgelegt sein sollen: Für amerikanische Zwischenlager wurde ein Lagersystem für die Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen (HI-STORM UMAX) entwickelt, in welchem die

²⁸ Brunsbüttel, Krümmel, Unterweser, Lingen, Grohnde, Brokdorf

²⁹ Gundremmingen, Grafenrheinfeld, Philippsburg, Isar, Biblis

³⁰ Ahaus, Biblis, Lingen, Gorleben, Grafenrheinfeld, Gundremmingen, Isar, Krümmel, Neckarwestheim, Unterweser

Behälter einzeln in Löcher in den Boden versenkt werden. Die Verbesserung der Lagertechnologie war als Folge der Terroranschläge vom 11. September 2001 erfolgt. (HOLTEC 2017)

Die Forschungsplattform ENTRIA untersuchte als eine Entsorgungsoption eine obertägige oder oberflächennahe Zwischenlagerung auch für sehr lange Zeiträume von ggf. mehreren hundert Jahren. Laut ENTRIA kann dem umgebenden Bauwerk der größte Teil der Schutzfunktion zugewiesen werden. Seine Komponenten müssen entsprechend ausgebildet werden, in einem obertägigen Bauwerk z. B. durch dicke Wände und sehr robuste Konstruktionen, um auch extremen Einwirkungen während der gesamten Nutzungsdauer widerstehen zu können. Alternativ kann der Lager- bzw. Abfallbehälter selbst derart ausgeführt werden, dass er den maßgebenden Einwirkungen standhält. In diesem Fall wären an die Bauwerkskomponenten geringere Anforderungen zu stellen. (ENTRIA 2017)

Die Ergebnisse von ENTRIA bezüglich der Anforderungen an eine sehr lange oberflächennahe Zwischenlagerung sollten in den Sicherheitsanforderungen für die erforderlichen langen Genehmigungszeiträume für die Zwischenlager berücksichtigt werden.

Aufgrund des Aufbaus der Halle in Lubmin lassen sich die baulichen Nachrüstungen nicht wie an den anderen Zwischenlagern durchführen. Offenbar versuchte der Betreiber mit administrativen Maßnahmen einen Neubau der Halle zu umgehen. Aus fachlicher Sicht ist es kritisch zu sehen, dass der ungeklärte Zustand im Zwischenlager Lubmin, obwohl Defizite bestehen, Jahre anhält. Auch in Hinblick auf die erforderlichen Verlängerungen der Genehmigungen der bestehenden Zwischenlager ist dieses langwierige Vorgehen bedenklich. Mindestens 15 Jahre nach der Feststellung eines ungenügenden Schutzstandards bis zur möglichen Beseitigung eines Defizits, ist unter Risikoaspekten ein sehr langer Zeitraum.

5.2 Konsequenzen aus dem Brunsbüttel-Urteil

Die Gewährleistung des erforderlichen Schutzes gegen SEWD für Zwischenlager ist Genehmigungsvoraussetzung gemäß Atomgesetz (§ 6 (2) Nr. 4).

2013 hob das OVG Schleswig aufgrund einer Klage eines Anwohners die Genehmigung für das Standort-Zwischenlager (SZL) Brunsbüttel auf. In der Klage ging es um die Frage, ob die möglichen Auswirkungen eines gezielten Flugzeugabsturzes und eines Beschusses mit panzerbrechenden Waffen im Genehmigungsverfahren ausreichend geprüft wurden. Das Gericht stellte dabei mehrere Ermittlungs- und Bewertungsdefizite fest.

Die Genehmigungsbehörde, das BfS (später BfE, jetzt BASE), vertritt die Auffassung, dass das Urteil des OVG Schleswig nicht auf Basis einer festgestellten unzureichenden Sicherheit des Zwischenlagers erfolgt sei. Aufgrund von Geheimhaltungsverpflichtungen sei es nicht möglich gewesen, dem Gericht in der gewünschten Detailtiefe darzulegen, dass die Genehmigung für das Zwischenlager Brunsbüttel den nach dem Atomgesetz erforderlichen Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD) gewährleistet. (BfS 2015d)

Laut Forschungsagenda der BfE (jetzt BASE) sollen die Auswirkungen eines absichtlich herbeigeführten Flugzeugabsturzes auf nukleare Anlagen beforscht werden. Laut BfE ist im Hinblick auf einzelne Teilaspekte dieses Szenarios die Durchführung von experimentellen Versuchen angezeigt.

Wichtige Fragestellungen sind dabei, ob die Berechnungen zur Bewertung der radiologischen Auswirkungen experimentell bestätigt werden und diese Ergebnisse auch beim Absturz eines Airbus A 380 gelten.

Anhand von Berechnungen, Simulationen sowie ggf. experimentellen Versuchen sollen die maximalen thermischen und mechanischen Belastungsgrenzen der Transport- und Lagerbehälter bestimmt werden. Dabei sollte ermittelt werden bis zu welcher Temperatur bzw. Dauer der thermischen Belastung die derzeit angesetzten Freisetzungsraten bestätigt werden. Insbesondere ist dabei zu ermitteln, ob bei einer größeren thermischen oder mechanischen Belastung der Transport- und Lagerbehälter Effekte auftreten, die sprunghaft zu extremen Freisetzungen radioaktiver Stoffe führen (Cliff-edge Effekt).

Laut BASE hilft Forschung, die Bewertung möglicher Freisetzungen in Folge von SEWD realistischer zu gestalten. Das BASE erklärt, es sollte weiterhin geeignete Wege suchen, um der Öffentlichkeit die wesentlichen Inhalte der sicherungstechnischen Prüfungen in Genehmigungsverfahren nachvollziehbarer darstellen zu können.

Die Verantwortung für den Schutz von Leben und Gesundheit bezieht sich auch auf gezielt herbeigeführte Flugzeugabstürze. Die Prüfung dieses Szenarios liegt in der Zuständigkeit des jetzigen Betreibers der Zwischenlager (BGZ). Sicherheitsfragen sind frühzeitig und umfassend in der Bewertung der zukünftigen Zwischenlagerung zu berücksichtigen. (BFE 2019b)

Bewertung

Zwar ist ein Gericht nicht für die Prüfung der Sicherheit einer kerntechnischen Anlage zuständig, aber faktisch bedeutet die Feststellung von Ermittlungs- und Bewertungsdefiziten in den Sicherheitsanalysen im Genehmigungsverfahren, dass die Sicherheit nicht nachgewiesen ist. Bei einer genauen Analyse des entsprechenden Urteils wird deutlich, dass sich der Senat inhaltlich tief in die Materie eingearbeitet hat.

Es ist nicht so, wie vom damaligen BfE behauptet, dass die Sicherheitsnachweise vorhanden sind und nur geheim gehalten werden müssen. Es ist vielmehr so, dass im Verfahren deutlich wurde, dass im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen fehlerhaft ermittelt und bewertet wurde.

Beschuss mit panzerbrechender Waffe

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für das SZL Brunsbüttel wurden mögliche Auswirkungen eines potenziellen Hohlladungsbeschusses betrachtet, der als abdeckendes SEWD- Szenario gilt. Dabei wird unterstellt, dass eine Gruppe von Tätern in das Zwischenlager eindringt und mit panzerbrechenden Waffen die Behälter beschädigt. Durch einen Beschuss mit einem Hohlladungsgeschoss kann die Wand eines metallischen Behälters durchschlagen und in seinem Inneren Brennstoff zerstäubt werden. Der Beschuss bewirkt weiterhin einen Druckaufbau im Inneren des Behälters. Dadurch würde eine beträchtliche Menge an radioaktivem Material in die Atmosphäre freigesetzt werden.

Laut Urteil des OVG Schleswig hat die Genehmigungsbehörde die Risiken des vom Kläger geltend gemachten Szenarios eines terroristischen Angriffs auf das Zwischenlager mit panzerbrechenden Waffen im Genehmigungsverfahren fehlerhaft ermittelt und bewertet. Es war für den Senat nicht überzeugend, dass die 1992 auf dem Markt befindlichen und bei den Beschussversuchen der GRS (1992) verwendeten Waffen hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit auch noch zum Zeitpunkt der Genehmigung des SZL Brunsbüttel (2003) repräsentativ gewesen sein sollen. Der Senat erklärt, zu folgen sei

demgegenüber dem klägerischen Vortrag, wonach 2003 leistungsstärkere und leichter zu handhabende Hohlladungs-Waffensysteme auf dem Markt waren, die zu potenziell höheren Zerstörungswirkungen beim Einsatz gegen Behälter führen könnten. (OVG SH 2013)

Flugzeugabsturz

In der Urteilsbegründung wird weiterhin erklärt: „Die Beklagte hat bei der Erteilung der Genehmigung für das ... Standortzwischenlager das erforderliche Maß des Schutzes gegen terroristische Einwirkungen in Gestalt eines gelenkten Absturzes eines Verkehrsflugzeuges auf das Zwischenlager fehlerhaft ermittelt und bewertet.“ Aus Sicht des Senats besteht in der Ausklammerung des Airbus A380 aus der Betrachtung ein Ermittlungsdefizit der Genehmigungsbehörde, weil absehbar war, dass dieser Flugzeugtyp innerhalb des Genehmigungszeitraumes in Dienst gestellt werden würde und somit ebenfalls als Tatmittel in Betracht kam. (OVG SH 2013)

Der Senat erklärt, dass wegen der weiteren Ermittlungs- und Bewertungsdefizite dahinstehe, ob das wegen der Ausblendung des Airbus A380 gegebene Ermittlungsdefizit mittlerweile durch eine entsprechende Untersuchung der GRS aus 2010 unerheblich ist. Laut dieser Untersuchung kommt es infolge eines derartigen Absturzes zu keinen beträchtlichen radiologischen Folgen. Es wird in der Urteilsbegründung jedoch angemerkt, dass der Vortrag der Beklagten über den Inhalt des geheim gehaltenen Gutachtens allerdings Zweifel an der hinreichenden Konservativität der verwendeten Untersuchungsmethode erwecke. Laut Urteilsbegründung weist die Genehmigung ein weiteres Ermittlungs- und Bewertungsdefizit hinsichtlich der thermischen Lastannahme eines Flugzeugabsturzes auf. (OVG SH 2013)

Konsequenzen des Urteils

In BMUB (2016a) wird erklärt, dass sich aus der Aufhebung der Genehmigung des SZL Brunsbüttel keine Aussage zur Sicherheit oder Sicherung anderer Zwischenlager ableiten ließe und so keine Auswirkungen auf die Genehmigungen von den anderen Zwischenlagern hätte.

Das ist so aber nicht zutreffend: Das Urteil des OVG Schleswig bezieht sich zwar ausschließlich auf die Zwischenlagerung hoch-radioaktiver Brennelemente im SZL Brunsbüttel. Jedoch sind die Annahmen und Untersuchungen für den als abdeckend betrachteten Terrorangriff (Beschuss mit Hohlladungsgeschoss) an allen SZL gleich. Das betrifft auch das Szenario bezüglich eines absichtlich herbeigeführten Absturzes eines Verkehrsflugzeuges. Die vom OVG Schleswig gerügten Bewertungs- und Ermittlungsfehler des Genehmigungsverfahrens bestehen daher bei allen deutschen Zwischenlagern.

Die Bundesregierung erklärte 2015, dass sich Bund und Länder bezüglich des Urteils des OVG Schleswig in der Pflicht sehen, neue Erkenntnisse zu berücksichtigen, das Regelwerk weiterzuentwickeln, die Nachvollziehbarkeit der Abwägungen zu Sicherheitsfragen zu verbessern und dieses – soweit möglich – gesetzlich bzw. untergesetzlich zu regeln. Im Hinblick auf die derzeit anhängigen Antragsverfahren werde geprüft, welche Konsequenzen sich aus dem Beschluss des BVerwG vom 8. Januar 2015 sowie des Urteils des OVG Schleswig vom 13. Juni 2013 für die Durchführung der Verfahren ergeben. (DBT 2015a)

Im NaPro ist das bestehende Problem nicht thematisiert, obgleich von dieser Entscheidung alle anderen Zwischenlager ebenfalls betroffen sind. Es ist nicht bekannt, ob die o.g. Prüfung der Bundesregierung bereits abgeschlossen ist, bzw. welches Ergebnis diese ggf. hatte. Anzumerken ist, dass die Genehmigung eines weiteren Zwischenlagers (SZL Unterweser) beklagt wird.³¹

Auf dem Erörterungstermin zur von Vattenfall beantragten Neugenehmigung des SZL Brunsbüttel am 14./15.6.2017 in Brunsbüttel wurde bzgl. eines möglichen Angriffs mit panzerbrechenden Waffen erklärt, dass ein derartiges Szenario jetzt durch die baulichen Maßnahmen zu verhindern wäre. Neue Beschussversuche sind daher nicht erfolgt.

Zurzeit werden wie bereits erwähnt die Zwischenlager in Deutschland „gehärtet“. Im o.g. Klageverfahren hat die Behörde erklärt, dass die Nachrüstungsmaßnahmen nicht durch die Szenarien Flugzeugabsturz und Hohlladungsbeschuss veranlasst wurden. (OVG SH 2013)

Die Internationale Atomenergieorganisation (IAEO) fordert schon 2012, bei der Betrachtung von möglichen Terrorangriffen das Versagen des physischen Schutzsystems zu unterstellen. (IAEA 2012)

Auch nach durchgeführten Nachrüstungen muss davon ausgegangen werden, dass eine bewaffnete und entschlossene Terrorgruppe in der Lage ist, in die Halle einzudringen. Zudem können sogenannte Innentäter (Personen, die im Zwischenlager tätig sind) in die Lagerhalle gelangen. Ein 2017 bekannt gewordener Vorfall mit manipulierten Zuverlässigkeitsüberprüfungen von Mitarbeitern belegt vorhandene Schwachstellen für die Verhinderung von Anschlägen durch Innentäter. In der Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen (JEN) sind manipulierte Quermeldungen³² entdeckt worden. 21 Personen hatten ohne rechtmäßige Sicherheitsüberprüfung Zutritt zu sicherheitsrelevanten Bereichen in Nuklearanlagen erhalten. (AZ 2017, BW 2017)

Auf dem Erörterungstermin zur Neugenehmigung des SZL Brunsbüttel wurde auch erläutert, dass gegen einen Flugzeugabsturz bisher keine Nachrüstungen erfolgt sind. Allerdings wird zurzeit ein Gutachten bzgl. der möglichen Konsequenzen eines gezielten Absturzes mit einem A380 auf das Zwischenlager erstellt. Wie dann aber die rechtliche Handhabe der Genehmigungsbehörde bzgl. des Umfangs der möglicherweise erforderlichen Nachrüstungen ist, ist laut Aussage des BASE noch ungeklärt. Die Rechtslage hat sich verändert. Am 31. August 2016 gab das BMUB die Beschlüsse des Länderausschusses für Atomenergie - Hauptausschuss - zum Thema „Rechtlicher Rahmen der Beurteilung des Szenarios ‚Terroristischer Flugzeugabsturz‘ durch die Exekutive“ bekannt (BMUB 2016b). Darin wird u.a. festgestellt:

- Bei der Genehmigung von Zwischenlagern wurde das Szenario „Terroristischer Flugzeugabsturz“ nicht in die Lastannahmen des Regelwerks zum Schutz gegen SEWD aufgenommen. Die zuständige Genehmigungsbehörde prüft unter Einbeziehung des

³¹ Durch Beschluss des Niedersächsischen Oberverwaltungsgerichts vom 28.2.2018 wurde die Ruhendstellung des Verfahrens auf Antrag der Kläger und nach Einverständnis der Beklagten angeordnet. (NLT 2019)

³² Personen, die in kerntechnischen Anlagen tätig werden, müssen vor Beginn der Tätigkeit im Hinblick auf ihre Zuverlässigkeit überprüft werden. Die Überprüfung erfolgt durch die atomrechtliche Aufsichtsbehörde. Mit sogenannten „Quermeldungen“ übermitteln Betreiber die Ergebnisse bereits amtlich durchgeführter Zuverlässigkeitsüberprüfungen bundesweit an andere Betreiber, woraufhin diese Personen dann auch in anderen Anlagen tätig werden können.

Gefährdungspotenzials (u.a. Lagerungsdauer sowie standortspezifische Faktoren), ob und ggf. welche Maßnahmen, die unter der Berücksichtigung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit die Strahlenexposition im Ereignisfall minimieren bzw. begrenzen, verlangt werden können.

- Seit der Brunsbüttel Entscheidung des Bundesverwaltungsgerichts von 2008 ist höchstrichterlich entschieden, dass im Bereich der Sicherheit auch gegen auslegungsüberschreitende Ereignisse Vorsorgemaßnahmen verlangt werden können. Allerdings werden keine quantitativen Strahlenschutzanforderungen festgelegt, die Anforderungen sind vielmehr abgestuft im Vergleich zu den Anforderungen auf der Sicherheitsebene 3.³³
- Die jeweilige Genehmigungsbehörde kann entscheiden, welcher Typ eines Verkehrsflugzeugs für die Untersuchungen herangezogen wird. In die Betrachtung einzubeziehen sind dabei zwar grundsätzlich alle regelmäßig für den Passagierverkehr eingesetzten Flugzeugtypen. Der Hauptausschuss geht aber davon aus, dass in Anlehnung an die Vorgehensweise der Reaktorsicherheitskommission (RSK) der Airbus A 340-600 in der Regel als exemplarischer Flugzeugtyp angesehen werden kann.

Die Behörde kann also über das Schutzmaß in eigener Verantwortung entscheiden. Bei ihr liegt die Risikoermittlung und -bewertung (Funktionsvorbehalt der Exekutive). Die Gerichte haben aber zu überprüfen, ob diese Entscheidung auf einer ausreichenden Datenbasis beruht und dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen. Eine Begründung für die Berücksichtigung des gegenüber dem Airbus A380 deutlich kleineren Airbus A340-600 wird vom Hauptausschuss nicht genannt. Daher sollte die zuständige Genehmigungsbehörde mögliche Auswirkungen des Airbus A380 als Grundlage ihrer Bewertung nehmen. Aber selbst wenn dies erfolgt, ist nicht geregelt, welche Anforderungen an die Schutzmaßnahmen gestellt werden, da diese laut Hauptausschuss im Vergleich zu den Anforderungen der Sicherheitsebene 3 abgestuft sein können.

Es ist zu begrüßen, dass laut Forschungsagenda der BASE die Auswirkungen eines absichtlich herbeigeführten Flugzeugabsturzes auf nukleare Anlagen beforscht werden sollen. Es kann aber auch zu anderen Terror- und Sabotagehandlungen kommen, die ebenfalls im Fokus stehen sollten. Insbesondere können Weiterentwicklungen in der Waffentechnik neue Bedrohungsszenarien erzeugen und somit die Durchführung von Forschungsvorhaben zum Schutz der radioaktiven Abfälle notwendig machen. Neue experimentelle Untersuchungen sollten die veralteten Beschussversuche aus 1992 ersetzen.

BASE beabsichtigt mit der Forschung, mögliche Freisetzungen in Folge von terroristischen Angriffen „realistischer“ zu bewerten. Eine „realistischere“ Bewertung bedeutet im Kontext von sicherheitstechnischen Analysen in der Kerntechnik immer den Abbau von Konservativitäten und somit von Sicherheitsmargen. Forschung sollte aber darauf abzielen, eine höhere Sicherheit zu erreichen.

³³ Die erste Ebene entspricht dem Normalbetrieb, die zweite Ebene dem „anormalen Betrieb“. In der dritten Ebene sollen Störfälle durch Sicherheitssysteme beherrscht werden. In der vierten Ebene wird mit „anlageninternen Notfallschutzmaßnahmen“ versucht, die Auswirkungen eines Störfalles auf die Anlage selbst zu beschränken und einschneidende Maßnahmen in der Umgebung (insbesondere Evakuierung) nicht notwendig werden zu lassen.

Es ist als positiv zu bewerten, dass sich aus Sicht des jetzigen Betreibers der Zwischenlager (BGZ) die Verantwortung für den Schutz von Leben und Gesundheit auch auf gezielt herbeigeführte Flugzeugabstürze bezieht. Wie die BGZ mit dieser Verantwortung umgeht, muss sich zeigen.

Auch unabhängig von dem Urteil zum Zwischenlager Brunsbüttel muss, insbesondere aufgrund der zu erwartenden langen Lagerzeiträume, eine deutliche Verbesserung des Schutzes der zwischengelagerten abgebrannten Brennelemente und hoch-radioaktiven Abfälle gegen Terrorangriffe erfolgen.

Exkurs: Behälter-Beschuss mit einer Panzerabwehrlenkwaffe (ATGW)

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens des Zwischenlagers Brunsbüttel wurde von behördlicher Seite als Störmaßnahme bzw. sonstige Einwirkung Dritter (SEWD) der Beschuss mit einer Hohlladung auf einen dort aufbewahrten Behälter unterstellt.

Die Verwendung von stärkeren Schutzpanzerungen bei Kampffahrzeugen führte zu immer leistungsstärkeren tragbaren, schultergestützten Panzerabwehrlenkwaffen (ATGW = Anti-Tank Guided Weapons). Moderne panzerbrechende Waffen könnten auch gegen CASTOR-Behälter gerichtet werden – je effektiver die Waffen sind, desto folgenreicher könnte ein derartiger Angriff sein. Die Steigerung der Leistungsparameter der Waffensysteme zieht dementsprechend eine potenziell stärkere Gefährdung der Behälter nach sich.

Die verbesserte Schutztechnologie der Panzerfahrzeuge führte zur Vergrößerung der Durchschlagsleistung der Hohlladungsgefechtsköpfe, vor allem durch eine Erhöhung der Sprengstoffmenge. Dadurch wird das Schadensausmaß eines Beschusses – auch auf einen Behälter – signifikant erhöht. Die Hohlladungsgeschosse, die von Panzerfäusten oder panzerbrechenden Lenkwaffen (ATGWs) abgefeuert werden, haben eine Durchschlagsleistung von 700 bis 1400 mm in Panzerstahl. Daher durchdringen sie die nur ca. 400 mm dicke Behälterwand des Behälters aus Gusseisen ohne Schwierigkeiten.

Die Waffensysteme wurden auch mit dem Ziel weiterentwickelt, Panzer durch einen Treffer vollständig zu vernichten. Dies wurde durch eine Verstärkung der zerstörenden Wirkung auch senkrecht zur Schussrichtung erreicht. Die Weiterentwicklung der Waffensysteme zum Bekämpfen von stehenden und fahrenden Zielen in größerer Entfernung führte zu einer deutlichen Steigerung der Ersttrefferwahrscheinlichkeit. Dies wurde durch vereinfachte Steuerungsmöglichkeiten realisiert. Die Neuentwicklungen bei den Zielsystemen der Waffen erhöht nicht nur die Treffsicherheit, sie vereinfacht auch einen Mehrfachbeschuss ein und desselben Ziels. Das gilt selbstverständlich auch für einen zielgerichteten Beschuss eines CASTOR-Behälters durch Terroristen.

Das geringere Gewicht und die leichte Bedienbarkeit der modernen Waffensysteme vereinfachen die Handhabung und damit die Durchführung eines Angriffs. Die technische Möglichkeit einer schnellen Schussfolge und eine gute Nachladbarkeit ermöglichen einen mehrfachen zielgenauen Beschuss.

Ein Beschuss mit einer ATGW kann nicht nur innerhalb der Lagerhalle, sondern auch bei einem Transport auf dem Anlagengelände (vom Reaktorgebäude ins Lagergebäude) erfolgen. In der Umgebung eines Zwischenlagers gibt es Positionen, von denen ein erfolgreicher Beschuss eines Behälters möglich ist.

Ein Hohlladungsgefechtsskopf besteht aus einem hohlen und mit Sprengstoff ummantelten Metallkegel. Beim Aufprall auf das Ziel wird der Sprengstoff gezündet. Der sich bildende Metallstrahl (Hohlladungsstachel) trifft mit sehr hoher Geschwindigkeit (mehrere Tausend Meter pro Sekunde) auf das Ziel. Dabei entsteht ein derartig hoher Druck, dass sich – physikalisch gesehen – der Panzerstahl wie eine Flüssigkeit verhält und so vom Stachel problemlos durchdrungen werden kann. Die Öffnung, die ein solcher Strahl erzeugt, ist verhältnismäßig klein. Der Metallstrahl und Partikel der durchschlagenden Panzerung verursachen jedoch im Inneren des Panzers verheerende Schäden (z.B. Zerstörung der technischen Geräte, Tötung der Besatzung und Zündung von Munition).

Heutzutage werden meist Tandemgeschosse verwendet, die aus zwei hintereinander angeordneten Hohlladungen bestehen. Diese wurden zur Zerstörung von reaktivem Panzerschutz³⁴ entwickelt: Die Vorhohlladung bringt die reaktive Panzerung zur vorzeitigen Reaktion, die Haupthohlladung detoniert Sekundenbruchteile später und durchschlägt die Panzerung. Für einen „wirkungsvollen“ Beschuss eines Behälters ist der Einsatz eines Tandemgeschosses nicht erforderlich.

In Folge des Hohlladungsbeschusses eines Behälters wird die Behälterwand durchdrungen und im Inneren des Behälters wird ein Teil der Brennelemente zerstäubt, dadurch entstehen feine radioaktive Partikel. Ein Teil dieser Partikel wird aus dem Behälter freigesetzt und breitet sich in der Atmosphäre aus.

Im Rahmen der Genehmigungsverfahren der Standortzwischenlager wurde für die Ermittlung der radiologischen Folgen eine Studie der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) verwendet.³⁵ Diese 2003 veröffentlichte Studie beruht auf Beschussversuchen aus dem Jahr 1992. Die Beschussversuche erfolgten vor fast drei Jahrzehnten und daher mit Hohlladungen, die – gemessen an späteren Geschosstypen – eine geringe Durchschlagsleistung hatten. Daher sind die ermittelten Freisetzungsmengen als zu gering anzusehen. Unter der Berücksichtigung der Wirkungsweise eines Hohlladungsgeschosses und der in den letzten Jahrzehnten erhöhten Zerstörungsleistung sind deutlich höhere Freisetzungsmengen zu erwarten als die für die GRS-Studie zugrundegelegte Freisetzungsmenge. Aufgrund der um mindestens eine, aber vermutlich um mehrere Größenordnungen höhere Freisetzungsmenge sind auch entsprechend höhere radiologische Folgen zu erwarten.

Der Grad der Zerstörung im Behälter und damit das Ausmaß der radioaktiven Freisetzungen hängen nach Aussagen von zu diesem Thema befragten Waffenexperten von dem verwendeten Hohlladungsgeschoss ab. Die Genehmigungsbehörde behauptete hingegen, dass die Leistungsfähigkeit der im Beschussversuch 1992 verwendeten Waffe so groß gewesen sei, dass sie auch mit heutigen Waffen und damit ausgeführten Angriffen vergleichbar sei. Denn wesentlich sei nur, dass das Hohlladungsgeschoss die Behälterwand durchdringe. Die Versuche seien insoweit abdeckend gewesen.

Bei den deutschen Beschussversuchen erzeugten zwei typgleiche Hohlladungsgeschosse zwar unterschiedliche Schadensbilder im Behälter, dennoch wurde die gleiche Menge an radioaktiven Stoffen

³⁴Reaktiver Panzerschutz enthält kleine Sprengladungen, um die Explosionswirkung der Hohlladung zu zerstreuen und dadurch die Wirkung erheblich zu vermindern.

³⁵Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS): Radiologische Folgen durch die Freisetzung radioaktiver Stoffe aufgrund der Einwirkung Dritter auf Transport und Lagerbehälter CASTOR V/52 im Brennelementbehälterlager des Kernkraftwerks Brunsbüttel (KKB); GRS-A-2985; Juni 2003

freigesetzt. Aus dieser Tatsache wurde abgeleitet, dass bei beiden Treffern die Freisetzung nur aus dem ersten Brennelement stammt.³⁶ Vermutlich ist dieses Experiment der Grund, weshalb die Behörde (fälschlich) behauptet, die Freisetzungsmenge sei unabhängig vom Hohlladungsgeschoss. Eine andere, deutlich plausiblere Erklärung für dieses experimentelle Ergebnis ist, dass für die Freisetzung die im Hohlladungsgeschoss vorhandene Sprengstoffmenge entscheidend ist. So sieht das auch ein Waffenexperte: „Das ist ja ein physikalisches Problem: mehr Sprengstoff verbracht auf das Ziel, auf das zu beschießende Ziel, bedeutet auch mehr Zerstörungsenergie. Das heißt, Sie haben eine Kurve, diese Kurve steigt an, die Zerstörungsenergie wird immer größer, je mehr Sprengstoff Sie ins Ziel bringen.“³⁷

Mit der Leistungssteigerung der Hohlladungsgeschosse steigt auch die freigesetzte Menge für einen potenziellen Behälterbeschuss deutlich an. Denn zum einen ist der zerstörte Brennelement-Bereich im Behälter größer, dadurch wird ein größeres Volumen an Brennstoff pulverisiert und durch die größere Explosionswirkung vor dem Behälter werden mehr Partikel aus dem Behälter freigesetzt.

Die Behörde geht bei der Ermittlung der radiologischen Folgen von der Freisetzung von etwa einem Gramm aus. Diese Freisetzungsmenge ist als deutlich zu gering anzusehen. Zu bedenken ist, dass sich in einem Behälter Brennelemente mit einer Gesamtmasse von rund 10.000 kg Schwermetall befinden. Ein Gramm entspricht nur einem 10-millionstel Anteil (0,00001 Prozent).

Bei Kenntnis der Wirkungsweise eines Hohlladungsgeschosses ist dieser geringe Anteil nicht nachvollziehbar. Er kann nur in den Versuchsrandbedingungen der Beschussversuche 1992 sowie dem verwendeten Hohlladungsgeschoss begründet sein.

Wenn eine nur um eine Größenordnung höhere Freisetzung angenommen würde, etwa durch die Berücksichtigung eines leistungsstärkeren Hohlladungsgeschosses oder/und durch die Berücksichtigung von Synergieeffekten bei einem Doppeltreffer wäre der Eingreifrichtwert des Katastrophenschutzes für eine Evakuierung der Bevölkerung in Höhe 100 mSv überschritten.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die zu erwartenden Strahlenbelastungen in Folge eines derartigen Hohlladungsbeschusses deutlich oberhalb des Eingreifrichtwerts für den Katastrophenschutz liegen kann (100 mSv).

Von besonderer Bedeutung ist dabei folgende Tatsache: Es ist bei der Bewertung der potenziellen radiologischen Auswirkungen zu beachten, dass durch diese Katastrophenschutzmaßnahme nicht vor Strahlenbelastungen bewahrt werden kann, da Menschen die Inhalationsdosis unmittelbar nach dem potenziellen Terroranschlag, also vor einer möglich Evakuierung, erhalten würde. (BECKER 2013)

³⁶ R.E. Luna et al: Betrachtung zur Sabotage von Behältern für abgebrannte Brennelemente; WM.01 Conference, 25.Februar-1.März 2001; Tuscon, AZ, Anlage B 28 des Schriftsatz der Beklagten vom 06.05.2013

³⁷ Thomas Meuter, Ressortleiter für Wehrtechnik bei der Fachzeitschrift Behördenspiegel und Spezialist für Waffentechnik in NDR Info, Das Forum: Wie sicher sind Kernkraftwerke vor terroristischen Anschlägen; Radiosendung von 10.12.2002, Feature von Daniel Blum

6 Spezielle Probleme

6.1 Problem: Rückführung der restlichen Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

Bis Juni 2005 wurden abgebrannte Brennelemente zur Wiederaufarbeitung nach Frankreich oder Großbritannien transportiert.³⁸ Bis dahin war die Wiederaufarbeitung im Ausland ein vorgesehener Entsorgungsweg. Dieser Weg ist seit dem 1. Juli 2005 nicht mehr zulässig. Es lagern allerdings noch Wiederaufarbeitungsabfälle im Ausland. Gemäß ihren vertraglichen Verpflichtungen müssen die Abfallbesitzer, die Betreiber der Atomkraftwerke, ihre radioaktiven Abfälle nach Deutschland zurücknehmen. Zur Rücknahme dieser Abfälle hat sich die Bundesrepublik Deutschland auch völkerrechtlich verpflichtet.

Bis zum Jahr 2011 wurden bereits 108 CASTOR-Behälter mit hochradioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung in La Hague in das Zwischenlager Gorleben zurückgeführt. Seit 1. Januar 2014 haben gemäß § 9a Absatz 2a AtG die Energieversorger dafür zu sorgen, dass die verbliebenen radioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung zurückgenommen und in standortnahen³⁹ Zwischenlagern aufbewahrt werden. Seit dieser Änderung des AtG dürfen diese nicht mehr wie zuvor im Transportbehälterlager (TBL) Gorleben zwischengelagert werden. Bundes- und Landesregierungen sowie die Betreiber der Standortzwischenlager haben sich nach langer Debatte im Juni 2015 auf die Standorte für die Zwischenlagerung der restlichen Behälter mit radioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung geeinigt.

Die Rücklieferung der hoch-radioaktiven verglasten Abfälle aus der Wiederaufarbeitung in Frankreich (La Hague) wurde im November 2011 abgeschlossen. Die Rücklieferung von 21 (jetzt 20) Behältern mit verglasten hoch-radioaktiven Abfällen aus Großbritannien (Sellafield) sowie fünf Behältern mit verglasten mittel-radioaktiven Abfällen aus La Hague stand 2015 noch aus.

Die größte Menge an Kernbrennstoff wurde aus niedersächsischen AKWs zur Wiederaufarbeitung ins Ausland gebracht. Nach Niedersachsen wurden 108 CASTOR-Behälter mit Rückständen aus der Wiederaufarbeitung deutscher Brennelemente zurückgeführt. Fast ebenso viel Material wurde aus den bayerischen Atomkraftwerken zur Wiederaufarbeitung ins Ausland gebracht. Nach Bayern wurde allerdings bislang kein Behälter mit Rückständen aus der Wiederaufarbeitung bayerischer Brennelemente zurückgeführt. Die folgende Tabelle fasst den prozentualen Anteil der Brennelemente pro Bundesland zusammen, der zur Wiederaufarbeitung transportiert wurde.

Tabelle 3: Anteil der abgebrannten Brennelemente an allen zur Wiederaufarbeitung im Ausland transportierten abgebrannten Brennelementen pro Bundesland

Bundesland	Prozent
Niedersachsen	23
Bayern	21

³⁸ Das bei der Wiederaufarbeitung abgetrennte Plutonium wurde zur Herstellung von MOX-Brennelementen verwendet und vollständig in deutschen Reaktoren eingesetzt. Der letzte Einsatz von 241 kg Pu-fiss aus der Wiederaufarbeitung in Form von 12 frischen MOX-Brennelementen ist im Frühjahr 2017 im AKW Emsland erfolgt. (GRS 2019a)

³⁹ Der Begriff „standortnah“ bezieht sich dabei auf die Zwischenlager an den Standorten der Atomkraftwerke.

Baden-Württemberg	20
Hessen	13
Schleswig-Holstein	12
Nordrhein-Westfalen	5
Mecklenburg-Vorpommern	3
Rheinland-Pfalz	2
Brandenburg	1

Von den 21 (jetzt 20) Behältern mit hoch-radioaktivem Abfall aus dem britischen Sellafield sollten je sieben bis 2020 auf die SZL Isar (Bayern), Biblis (Hessen) und Brokdorf (Schleswig-Holstein) verteilt werden. Hierfür sind Behälter der Bauart CASTOR HAW28M vorgesehen. Diese Transporte sollen nun erst ab 2020 erfolgen. Ergänzend wurde 2018 eine Vereinbarung zwischen der Nuclear Decommissioning Authority (NDA) und den deutschen Energieversorgungsunternehmen (EVU) abgeschlossen, welche zur Reduktion der ursprünglich 21 zurückzuführenden Behälter auf 20 führt. Im SZL Biblis sollen jetzt sechs statt sieben Behälter gelagert werden.

Die fünf Behälter mit mittel-radioaktivem Abfall aus dem französischen La Hague sollten bis 2019 zum SZL Philippsburg (Baden-Württemberg) transportiert werden. Dieser Transport wird nun frühestens 2021 stattfinden.

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) hat am 19. Juni 2015 ein „Gesamtkonzept zur Rückführung von verglasten radioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung“ veröffentlicht. Darin hat das BMUB u.a. mitgeteilt, dass im Rahmen einer etwaigen Änderungsgenehmigung für ein Standortzwischenlager die wesentlichen Parameter, die für Auswirkungen auf die Umwelt relevant sind, nicht verändert würden. Das BMUB bezieht sich hierbei auf die Zahl der genehmigten Stellplätze für Behälter, die gesamte Wärmeleistung des Zwischenlagers, die gesamte Schwermetallmasse sowie die gesamte Strahlenexposition aus dem Betrieb des Standortzwischenlagers. Das BMUB zieht hieraus den Schluss, dass die Änderung der bestehenden und bereits einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) unterzogenen Genehmigungslage keine nicht bereits geprüften Umweltauswirkungen habe. In einer Anfrage erklärt die schleswig-holsteinische Landesregierung, sie gehe davon aus, dass in einem neuen Genehmigungsverfahren nach § 6 AtG insbesondere geprüft würde, ob die genannten Annahmen des BMUB zutreffen. (LT SH 2016)

Im Umweltbericht zum NaPro wird erklärt, dass die Standortzwischenlager für die Aufnahme dieses Abfallstroms weder baulich erweitert noch hinsichtlich des zulässigen Aktivitätsinventars modifiziert werden sollen. Wenn das Primärdeckeldichtsystem dieser Behälter versage, könne für den Lagerbetrieb die Wiederherstellung des Doppeldeckelsystems mit einem Fügedeckel erreicht werden. Vor einem Abtransport in ein Endlager muss jedoch ein zulassungskonformer Zustand hergestellt werden. Laut der verkehrsrechtlichen Zulassung des Behälters CASTOR HAW28M kann dieser nur mit intaktem Primärdeckel befördert werden. Um die Transportfähigkeit im Falle des Versagens des Primärdeckels wiederherzustellen, kann der Bau einer „Heißen Zelle“ erforderlich werden, um darin eine Behälteröffnung durchzuführen und den Primärdeckel zu erneuern. Relativierend wird im

Umweltbericht aber auch erklärt, dass aus Sicht der Entsorgungskommission (ESK) nur eine geringe Wahrscheinlichkeit besteht, dass während der Zwischenlagerzeit ein Versagensereignis hinsichtlich des Primärdeckelsystems eines Behälters CASTOR HAW28M auftritt. Daher sei das Erfordernis zur Errichtung einer „Heißen Zelle“ eher unwahrscheinlich. (ÖKO-INSTITUT & GRS 2015a)

Im Zusammenhang mit der Rückführung der Abfälle aus der Wiederaufarbeitung ist eine Änderung der bestehenden Genehmigung des hierfür vorgesehenen Zwischenlagers notwendig. Dieses Genehmigungsverfahren führt das BfE durch. Laut Angabe der Landesregierung Baden-Württemberg in 2015 führte das Bundesumweltministerium vorher diesbezüglich Gespräche mit den AKW-Betreibern. (LT BW 2015)

Die Aufbewahrung von radioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung wurde mit Datum vom 29. September 2017 für die Standortzwischenlager Biblis, Brokdorf, Isar und Philippsburg beantragt. Diese atomrechtlichen Genehmigungsverfahren werden seit dem 1. Januar 2019 durch die BGZ geführt.

Die BGZ erklärt, der Behälterhersteller hat der Genehmigungsbehörde im Rahmen der laufenden Genehmigungsverfahren für die vier oben genannten Standorte in einem Konzept dargestellt, wie ein Abtransport aus einem Zwischenlager erfolgt. Dieses Konzept sieht vor, dass die verkehrsrechtliche Zulassung auf den äußeren Deckel erweitert wird. Aus technischer Sicht liegen keine Erkenntnisse vor, die dieses Konzept in Frage stellen. Der Behälterhersteller ist von der BGZ bereits beauftragt, für diesen unwahrscheinlichen Sonderfall die erforderliche Erweiterung der Behälterzulassung des CASTOR HAW28M zu erwirken. Da nach diesem Konzept auch bei einer Druckveränderung im Deckelsystem der CASTOR HAW28M mit dem äußeren Deckel weiterhin verschlossen bleibt, wird auch hierfür keine „heiße Zelle“ am Standort benötigt. Somit ist gewährleistet, dass sich sämtliche CASTOR-Behälter sicher zwischenlagern und aus dem Zwischenlager zum Endlager abtransportieren lassen. (BGZ 2019a)

Im November 2019 wurden begleitend zum laufenden Genehmigungsverfahren für die Aufbewahrung der Behälter aus der Wiederaufarbeitung in Biblis mit einem leeren CASTOR HAW28M erfolgreich alle Arbeitsschritte absolviert, die zur Einlagerung beladener Behälter erforderlich sind. Im Auftrag des hessischen Umweltministeriums als Aufsichtsbehörde über das Zwischenlager Biblis überwachten unabhängige Sachverständige den Probelauf. Es war eine noch ausstehende Voraussetzung für eine entsprechende Aufbewahrungs- sowie eine Transportgenehmigung. (BGZ 2019a)

Am 19.12.2019 erhielt das SZL Biblis die Genehmigung zur Zwischenlagerung von bundesdeutschen Abfällen aus der Wiederaufarbeitung in Sellafield. Die Genehmigung für den Rücktransport der Abfälle erteilte das BASE am 14.02.2020. (BASE 2020b)

Laut Genehmigung zur Aufbewahrung in Biblis erfüllt das vorgelegte Reparaturkonzept für die Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR HAW28M die Anforderungen der ESK-Leitlinien hinsichtlich der Gewährleistung eines überwachten Doppeldeckeldichtsystems während des Zeitraums der Zwischenlagerung im Standort-Zwischenlager Biblis. Im Falle einer nicht mehr spezifikationsgerechten Dichtheit der Barriere Primärdeckel ist das Aufschießen eines Fügedeckels im Standort-Zwischenlager Biblis vorgesehen, der dann die Funktion der zweiten Barriere übernimmt. (BFE 2019d)

Der Fügedeckel verfügt über eine angeschweißte Membrane, die bei Montage mit dem Behälterkörper verschweißt wird. Über eine Klemmringkonstruktion wird der Fügedeckel samt Membrane gegen den

Behälter gedrückt und so mechanisch entlastet. Um sicherzustellen, dass die für den mechanischen Nachweis verwendete Vorspannkraft der Schrauben für die Klemmringkonstruktion auch tatsächlich auf die Schrauben wirkt, wird mit einer Nebenbestimmung festgelegt, den Abstand zwischen Oberem Klemmring und Klemmring zu messen und die Abnahme des Abstandes zu bewerten.

Wegen der spezifischen Rahmenbedingungen der Fügedeckelschweißung an CASTOR-Behältern wurde mit einer weiteren Nebenbestimmung festgelegt, dass gegenüber der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde ein jährlicher Nachweis der Qualifikation der Schweißaufsichtspersonen und von mindestens zwei Schweißern erforderlich ist.

In Anlehnung an die ESK-Stellungnahme wurden drei alternative Konzepte zur Herstellung eines zulassungskonformen Zustandes am Ende des Aufbewahrungszeitraumes dargestellt:

- a) Nachweisführung für eine erhöhte Leckagerate des Primärdeckels als dichte Umschließung. Diese setzt den Nachweis voraus, dass auch bei erhöhter Leckagerate die zulässige Leckagerate unter Unfall-Beförderungsbedingungen nicht überschritten wird. Alternativ wäre nachzuweisen, dass für den Fall einer Überschreitung der Unfall-Leckagerate bei einem potenziellen Partikeltransport der verkehrsrechtliche Grenzwert unter Unfall-Beförderungsbedingungen eingehalten werden kann.
- b) Aufnahme zusätzlicher Dichtbarrieren (Sekundärdeckel, Reparaturdeckel) in die verkehrsrechtliche Zulassung. Falls die Nachweisführung unter (a) nicht erfüllbar ist, käme eine Änderung der verkehrsrechtlichen Zulassung vor Durchführung des Abtransports in Frage. Dann müssten allerdings gleichzeitig modifizierte Stoßdämpfer entwickelt und im Verkehrsrecht zugelassen werden.
- c) Instandsetzung der Dichtbarriere Primärdeckel mithilfe einer mobilen und modular aufgebauten Primärdeckelwechselstation im Lagerbereich des Standort-Zwischenlagers Biblis. Dies stellt die Rückfallposition dar, falls die Konzepte von a) oder b) nicht zum Erfolg führen. Der Platzbedarf für die Primärdeckelwechselstation beträgt etwa acht Behälterstellplätze und weitere acht Behälterstellplätze für die Peripheriesysteme, wie z. B. Lüftungs- und Filteranlage, Steuerungscontainer und Energieversorgung. Da die Notwendigkeit zur Errichtung erst zu einem Zeitpunkt entsteht, wenn ein großer Teil der Behälter bereits in das Eingangslager eines zukünftigen Endlagers ausgelagert worden ist, besteht laut BfE im Hinblick auf den Platzbedarf keine relevante Einschränkung.

Laut BASE sind keine Gründe erkennbar, die aus heutiger Sicht der Umsetzung dieser Konzepte entgegenstehen. Es wird sichergestellt, dass eine Planung über die Auslagerung von Behältern der Bauart CASTOR HAW28M, die die spezifikationsgerechte Dichtheit der Barriere Primärdeckel nicht aufweisen, spätestens acht Jahre vor Ablauf der Genehmigung vorhanden ist.

Das BASE kommt zu dem Ergebnis, dass aufgrund der qualitätsgesicherten Abfertigung der Behälter sowie der Randbedingungen im Standort-Zwischenlager Biblis keine Schädigungsmechanismen zu unterstellen sind. Für den Fall einer undichten Primärdeckelbarriere ist deshalb davon auszugehen, dass der Behälterkörper weiterhin spezifikationsgerecht ist und dass die Dichtflächen des Behälters in jedem Fall reparierbar sind. Das BASE kommt somit zu dem Ergebnis, dass entsprechend der ESK-

Stellungnahme die Anforderungen an eine „Heiße Zelle“ bezüglich des Austausches eines Behälters nicht zu betrachten sind. (BFE 2019d)

Bewertung

Bisher war es Tatsache, dass vor einem Abtransport eine neue Primärdeckeldichtung eingesetzt werden musste, denn nach der verkehrsrechtlichen Zulassung kann der Behälter des Typ CASTOR HAW28M nur mit intaktem Primärdeckelsystem befördert werden. Für eine Reparatur wäre dann eine „Heiße Zelle“ erforderlich. Die o.g. Aussage der Bundesregierung, es lägen keine Erkenntnisse vor, die die Errichtung „Heißer Zellen“ an den Standorten der Zwischenlager erforderlich machen, ist insgesamt nicht nachzuvollziehen.

Die Einschätzung der ESK, dass nur eine geringe Wahrscheinlichkeit besteht, dass während der Zwischenlagerzeit ein Versagensereignis hinsichtlich des Primärdeckelsystems eines Behälters CASTOR HAW28M auftritt, ist fachlich nicht nachzuvollziehen. Zum einen kann für die erforderliche lange Lagerzeit niemand belastbare Prognosen über eine Versagenswahrscheinlichkeit der Deckeldichtungen geben. Zum anderen wäre, selbst wenn die Versagenswahrscheinlichkeit gering wäre, aus sicherheitstechnischen Gründen eine Reparaturmöglichkeit erforderlich. (s.u.)

Das BfE hatte erklärt, eine Genehmigung zur Aufbewahrung wird nur dann erteilt, wenn es auf der Grundlage der Angaben der Antragsteller zur Auffassung kommt, dass der Betreiber im Bedarfsfall wieder sicher abtransportieren kann. (BFE 2018a) Offenbar ist dies nun aus Sicht der Genehmigungsbehörde der Fall, da Ende 2019 das SZL Biblis die Genehmigung erhielt.

Nach einem möglichen Versagen der Primärdeckeldichtung muss für die Herstellung eines spezifikationsgerechten Zustands während der Lagerzeit der Fügedeckel nicht nur aufgeschweißt werden, sondern er muss auch noch mit einer Klemmringkonstruktion verschraubt werden. Die sachgerechte Durchführung des komplexen Unterfangens soll durch mehrer Nebenbestimmungen in der Genehmigung gewährleistet werden. Ob dieses dann im Anforderungsfall tatsächlich eine langfristige Dichtheit gewährleistet, muss sich noch zeigen.

Der Behälter soll mit einem Fügedeckel versehen werden, der erst aus Gorleben transportiert werden muss. Vor dem Aufschweißen eines Fügedeckels müssen Arbeitsproben angefertigt werden. Es vergeht also ein gewisser Zeitraum bis ein überwachbares Doppeldeckeldichtheitssystem hergestellt werden kann. Wie lange der Behälter mit nur einem Deckel mit spezifizierter Dichtheit zwischengelagert werden darf, ist in der Genehmigung nicht festgelegt. Der Behälter würde für einen gewissen Zeitraum ohne Doppeldeckeldichtheitssystem und damit in einem den Überwachungsbedingungen nicht gemäßen Zustand gelagert werden.

Für einen Transport des Behälters sollte aus sicherheitstechnischen Gründen die Primärdeckeldichtung ausgewechselt werden. Dieses soll laut Genehmigung aber nur eine Rückfalloption sein. Die Installation einer Primärdeckelwechselstation soll nur erfolgen, wenn es nicht durch „Nachrüstungen“ auf dem Papier gelingt, nachzuweisen, dass die möglichen unfallbedingten Freisetzungen während des Transports unterhalb der zulässigen Werte bleiben. Bisher konnte der Behälterhersteller entsprechende Sicherheitsnachweise nicht führen, obwohl das Problem seit mehr als zehn Jahren bekannt ist. Aus dieser Tatsache sind erhebliche Probleme für einen belastbaren Sicherheitsnachweis zum Transport ohne spezifizierte Dichtheit des Primärdeckels abzuleiten. (NEUMANN 2020) Auch wenn der

Sicherheitsnachweis gelingt, werden Sicherheitsmargen abgebaut sein und es sind höhere Freisetzen bei einem Unfall zu erwarten als mit intakter Primärdeckeldichtung.

Die Änderungsgenehmigungen für die Aufnahme der Behälter aus der Wiederaufarbeitung in die Standort-Zwischenlager hätten im Rahmen einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) mit Öffentlichkeitsbeteiligung durchgeführt werden müssen. Stattdessen hat die Bundesatomaufsicht hinter verschlossenen Türen Vorgespräche mit den AKW-Betreibern geführt.

Darüber hinaus sicherte das Bundesumweltministerium der Bayrischen Landesregierung in einer Erklärung zu, sich im Gegenzug zur Einlagerung der HAW-Abfälle weiterhin für die erforderlichen Genehmigungen für die Einlagerung der FRM-II Brennelemente in das Zwischenlager Ahaus einzusetzen.⁴⁰ (BMUB 2015b)

6.2 Problem: Fehlende Genehmigung für das Zwischenlager Jülich

In Jülich lagern 152 Behälter mit graphithaltigen AVR⁴¹-Brennelementen ohne gültige Genehmigung. Seit dem 30. Juni 2013 ist für das Zwischenlager Jülich die am 17. Juni 1993 erteilte Genehmigung (nach § 6 AtG) nicht mehr gültig. Im Genehmigungsverfahren konnte der damalige Betreiber, das Forschungszentrum Jülich (FZJ), nicht nachweisen, dass die Voraussetzungen für die Erteilung einer neuen Genehmigung vorliegen. Die fehlenden Nachweise betreffen vor allen Dingen die Erdbebensicherheit – insbesondere den Nachweis, dass bei einem Erdbeben keine Bodenverflüssigung eintritt.

Das FZJ hatte am 26. Juni 2007 bei der zuständigen Genehmigungsbehörde, dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), eine Verlängerung der Genehmigung für weitere drei Jahre ab dem 1. Juli 2013 beantragt.⁴² Die Voraussetzungen für die Erteilung der Genehmigung lagen jedoch nicht vor. Daher hat die zuständige atomrechtliche Aufsichtsbehörde (das Wirtschaftsministerium des Landes Nordrhein-Westfalen – MWEIMH) die weitere Aufbewahrung der AVR-Brennelemente im Zwischenlager Jülich angeordnet. Die erste Anordnung war befristet bis zum 31. Dezember 2013, die zweite bis zum 31. Juli 2014. Da das Genehmigungsverfahren auch bis zum Ablauf der zweiten Anordnung nicht erfolgte, hat das MWEIMH am 2. Juli 2014 die Anordnung zur Räumung des AVR-Behälterlagers Jülich erlassen.

Das Verwaltungsverfahren zur unverzüglichen Entfernung der Kernbrennstoffe konnte noch nicht durchgeführt werden. Am 31. Oktober 2014 hatte die FZJ anordnungsgemäß ein Konzept für die Räumung des Behälterlagers vorgelegt. Laut vorgelegtem Konzept werden für den Verbleib der AVR-Brennelemente drei Optionen geprüft:

1. Export in die Wiederaufbereitungsanlage Savannah River National Lab im US-Bundesstaat South Carolina,
2. ein Transport in das Transportbehälterlager Ahaus

⁴⁰ „Das Bundesumweltministerium wird sich weiter dafür einsetzen, dass die für die Entsorgung des Forschungsreaktors München II erforderlichen Genehmigungen, insbesondere die verkehrsrechtliche Zulassung des Behälters sowie die erforderliche Änderung der Aufbewahrungsgenehmigung für das Transportbehälterlager Ahaus zeitgerecht erteilt werden.“

⁴¹ AVR = Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor

⁴² Am 16. Juli 2010 bat dann das FZJ, dieses Verfahren ruhend zu stellen. Am 16. Mai 2012 beantragte das FZJ, das Verfahren wieder aufzunehmen.

3. sowie der Neubau eines Zwischenlagers am Standort in Jülich.

Die Aufsichtsbehörde ließ das vorgelegte Konzept vom TÜV-Nord als Sachverständigen auf Plausibilität insbesondere hinsichtlich des ermittelten Zeitbedarfs prüfen (3 bis 8 Jahre). Fazit dieser Prüfung war, dass auf Basis der bisher zur Verfügung gestellten Informationen keine abschließende Aussage darüber möglich ist, welche der drei dargestellten Varianten am schnellsten umzusetzen ist. Alle drei Varianten werden weiterverfolgt. (MWEIMH 2015) Laut Landesregierung Nordrhein-Westfalen wird, ausgehend von dem TÜV-Gutachten in regelmäßigen Gesprächen der Atomaufsicht mit der Betreiberin Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen mbH (JEN), der Status der Bearbeitung der drei bestehenden Optionen erörtert. Noch kann keine der drei Optionen endgültig ausgeschlossen werden. (LT NW 2017)

Bisher liegen für keine Option alle nötigen Genehmigungen und technischen Voraussetzungen vor. Nach Kenntnis der Bundesregierung gibt es umfangreiche Planungen für eine Räumung des AVR-Lagers für alle drei betrachteten Optionen. Nach Kenntnis der Bundesregierung hat die jetzt verfahrensleitende Behörde, das Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie (MWIDE), das Konzept begutachten lassen und klärt seither Einzelfragen mit der JEN. Das Ergebnis der Prüfung liegt noch nicht vor.

Am 18. Oktober 2012 wurde zwischen dem DoE und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) ein Memorandum of Understanding (MoU) über die Zusammenarbeit von Forschung und Entwicklung im Hinblick auf eine mögliche Entscheidung über die Rücknahme und Entsorgung der Brennelemente durch die Vereinigten Staaten von Amerika abgeschlossen. Am 28. März bzw. 1. April 2014 wurde dazu zwischen dem DOE, dem BMBF und dem Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen ein Statement of Intent (SoI) unterzeichnet. (DBT 2018d)

Im Mai 2014 wurde zwischen der Savannah River Nuclear Solutions (SRNS), handelnd im Auftrag des DoE, und der Forschungszentrum Jülich GmbH ein Work-for-Others-Agreement (WfO) über vorbereitende Forschungsarbeiten sowie die Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) nach amerikanischem Recht abgeschlossen. Dieser Vertrag ist im Jahr 2015 in Rechtsnachfolge des FZJ auf die JEN übergegangen. (DBT 2018d) Das DoE hat in diesem Zusammenhang im Mai 2014 mit einer UVP begonnen. Die UVP ist eine Grundvoraussetzung, um die Kernbrennstoffe in den USA überhaupt übernehmen zu können. (LT NW 2017) Sie wurde inzwischen mit einem sogenannten „Finding of no significant impact“ (FONSI) positiv abgeschlossen.

Die USA erklärten ihre Rücknahmebereitschaft aufgrund des Umstands, dass der AVR-Kernbrennstoff ursprünglich aus den USA stammte, stellten allerdings zugleich fest, dass unter anderem aufgrund seiner Verwahrung im politisch stabilen Deutschland eine Rücknahme der abgebrannten AVR-Brennelementkugeln aus Nonproliferationsgründen aus US-Sicht nicht erforderlich wäre.⁴³ Auch von

⁴³ Die Bundesrepublik Deutschland und die USA stehen als Parteien des Nuklearen Nichtverbreitungsvertrags und weiterer damit zusammenhängender Abkommen seit den 60er-Jahren in regelmäßigem Austausch, um die Maßnahmen zur Überwachung von Nuklearmaterial (Safeguards) mit dem gemeinsamen Ziel einer Spaltstoffflusskontrolle umzusetzen. Die Maßnahmen haben zum Ziel, eine Weiterverbreitung (Proliferation) bzw. eine unerlaubte Entnahme von Nuklearmaterial zu entdecken bzw. zu verhindern.

Seiten des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) wurde eine Exportnotwendigkeit aus Nichtverbreitungsgründen nicht vertreten, vielmehr stellte das BMU mehrfach fest, dass aus fachlicher Sicht keinerlei Anhaltspunkte dafür bestünden, dass eine hiesige Endlagerung hierzulande angefallener und lagernder grafithaltiger abgebrannter Brennelementkugeln nicht möglich sei.

Die JEN mbH hat einen Antrag auf Erteilung einer Genehmigung nach § 5 Absatz 2 Satz 1 Nummer 2 der Atomrechtlichen Abfallverbringungsverordnung (AtAV) gestellt (Verbringung abgebrannter Brennelemente in ein Drittland). Zuständige Genehmigungsbehörde ist das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. Der Antrag wird derzeit geprüft.

Am 15. Dezember 2014 gab das FZJ bekannt, dass es auch die Möglichkeit eines **Transports in das TBL Ahaus** wieder verfolgen möchte. Dazu hat die GNS das Genehmigungsverfahren für die Aufbewahrung der Brennelemente im TBL Ahaus mit Schreiben vom 6. Januar 2015 wieder aufgenommen. Dem Antrag wurde am 21. Juli 2016 vom BfS stattgegeben. Die Genehmigung gemäß § 4 AtG für den Transport nach Ahaus durch das BASE steht noch aus.

Diese Maßnahme diene laut JEN der Risikominimierung für den Fall, dass eine Verbringung der Brennelemente in die USA nicht realisierbar sein sollte. Bis zur abschließenden Entscheidung, welche der Optionen realisiert wird, ist es das Ziel des Betreibers, alle drei Optionen offen zu halten und weiter zu konkretisieren.

Als eine dritte Option wird die Verbringung der Brennelemente in ein **neu zu errichtendes Zwischenlager am Standort Jülich** genannt. Am 1. September 2015 übertrug das FZJ die Betriebsführung für das Zwischenlager auf die neu gegründete AVR GmbH, die zum 1. Januar 2016 in die Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen mbH (JEN) umbenannt wurde. Die JEN mbH bemüht sich weiterhin, eine Genehmigung zur Aufbewahrung gemäß § 6 AtG zu erwirken. Das Genehmigungsverfahren nach § 6 AtG für das bestehende Lager ist derzeit weiterhin beim BASE anhängig (Betrieb für weitere 3 Jahre). Die Durchführung dieses Verfahrens wird nach Einschätzung der JEN mbH ca. 9,5 Jahre dauern. Hierbei wurden insbesondere spezifische Randbedingungen erfasst, die für den Standort Jülich zu berücksichtigen sind (Stichwort Erdbebenproblematik). Dem BASE liegt im Rahmen des auf Antrag der heutigen JEN mbH geführten Genehmigungsverfahrens eine Antragsunterlage zur Bestimmung des Bemessungserdbebens aus dem Jahr 2017 vor. (DBT 2018a)

Bewertung

Das Zwischenlager Jülich wird nunmehr seit mehr als sechs Jahren ohne Genehmigung betrieben, obwohl bereits 2007 – vor mehr als zwölf Jahren (!) – eine Verlängerung der Genehmigung beantragt wurde. Für das Zwischenlager in Jülich hat die zuständige Aufsichtsbehörde bereits vor sechs Jahren die Anordnung zur Räumung angeordnet. Dieser Zustand wird vermutlich noch eine Weile andauern. Selbst die „Lösungssuche“ ist – zumindest offiziell – noch lange nicht abgeschlossen. Statt schnellst möglich eine konstruktive bauliche Verbesserung anzustreben, wird versucht das Problem anderweitig zu lösen.

Anhand dieser Erfahrungen kann befürchtet werden, wie die Situation der Zwischenlager bei Auslaufen der jetzigen Genehmigungen sein wird: Die Behälter werden in aufgrund von Sicherheitsbedenken nicht genehmigten Zwischenlagern noch Jahrzehnte aufbewahrt werden (müssen).

6.3 Problem: Fehlende Genehmigung für das Standort-Zwischenlager Brunsbüttel

Mit Urteil des Oberverwaltungsgerichts (OVG) Schleswig (4 KS 3/08) am 19.06.2013 wurde die Genehmigung für das SZL Brunsbüttel aufgehoben; eine Revision wurde nicht zugelassen. Sowohl das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) als Beklagte als auch der Beigeladene (Vattenfall) stellten einen Antrag auf Zulassung der Revision. Das Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) hat mit Urteil vom 8. Januar 2015 die Beschwerde auf Zulassung der Revision abgelehnt. Mit dieser Entscheidung wurde das Urteil des OVG Schleswig, durch das die Genehmigung für das SZL Brunsbüttel aufgehoben wird, rechtskräftig. (siehe Kapitel 5)

Die Behälter werden dennoch weiterhin im SZL Brunsbüttel auf Grundlage einer Anordnung der damals zuständigen Aufsichtsbehörde (Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume – MELUR) gelagert. Zunächst sollten diese bis Anfang 2018 ohne Genehmigung im SZL Brunsbüttel verbleiben. Rechtsgrundlage für die Aufbewahrung der bestrahlten Brennelemente war eine bis Januar 2018 befristete Anordnung der Aufsichtsbehörde, die dann zunächst bis 31. Januar 2020 verlängert wurde. Rechtsgrundlage für die aktuelle Aufbewahrung der bestrahlten Brennelemente ist eine unbefristete aufsichtliche Anordnung des Ministeriums für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein. Sie soll die Zeit überbrücken, bis die KKB-Kernkraftwerk Brunsbüttel GmbH & Co. oHG eine neue Genehmigung zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen im Standort-Zwischenlager Brunsbüttel oder eine andere genehmigte Aufbewahrungsmöglichkeit erwirkt hat. (BASE 2020a)

Am 24. November 2016 erteilte die schleswig-holsteinische Atomaufsichtsbehörde zusätzlich die Zustimmung für die Bereitstellung der Behälter im SZL Brunsbüttel für eine spätere Zwischenlagerung. Bereits am 25. November 2016 begann der Betreiber (Vattenfall) mit der Verladung der abgebrannten Brennelemente in einen ersten Behälter. (MELUR 2016) Am 24. Juni 2017 wurden die letzten intakten bestrahlten Brennelemente in einen Behälter verladen und in das SZL Brunsbüttel verbracht.⁴⁴ Es handelte sich um insgesamt 11 Behälter. (MELUR 2017)

Nach Überzeugung der Atomaufsicht wird mit der Räumung des Reaktordruckbehälters für zusätzliche Sicherheit gesorgt. Der Sicherheitsgewinn bezieht sich auch auf den Schutz des Gebäudes gegen Einwirkungen von außen (Angriffe von außen, terroristisch herbeigeführter Flugzeugabsturz). Dieser Sicherheitsgewinn ist auch in einem Gutachten bestätigt worden. Die Atomaufsicht hatte dieses Vorhaben unter anderem in einem Rechts- und einem Sicherheitsgutachten prüfen lassen. Die Gutachten hatten grundsätzlich weder juristische noch technische Bedenken gegen das Vorhaben ergeben. Daraufhin war die Atomaufsicht zu dem Ergebnis gekommen, dass unter den am Standort vorhandenen Gegebenheiten die Bereitstellung im SZL als bestmögliche Schadensvorsorge im Sinne des Atomgesetzes anzusehen ist.

Das SZL Brunsbüttel wurde am 5. Februar 2006 mit der Einlagerung des ersten Behälters in Betrieb genommen. Am 31. Dezember 2015 lagerten dort neun Behälter des Typs CASTOR V/52. Inzwischen sind dort 20 Behälter gelagert. Weitere Einlagerungen sind zurzeit nicht geplant.

⁴⁴ Im Reaktorgebäude befinden sich jedoch noch 13 sog. Defektstäbe, d.h. einzelne Brennstäbe, die im Laufe der Betriebszeit wegen festgestellter Schäden aus dem zugehörigen Brennelement entnommen wurden.

Am 16.11.2015 wurde beim Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) ein Antrag auf eine neue Genehmigung zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen nach § 6 des Atomgesetzes (AtG) in dem bestehenden SZL Brunsbüttel gestellt. (BfS 2015e) Sie soll wie die ursprüngliche Genehmigung bis zum 4. Februar 2046 gelten. Die nunmehr beantragte Gesamtwärmeleistung, Gesamtschwermetallmasse, Gesamtaktivität und die Zahl der benötigten Behälterstellplätze sind aufgrund der vorzeitigen Außerbetriebnahme des AKW Brunsbüttel geringer als in der ursprünglichen Genehmigung festgelegt. So wurden nur noch 24 Stellplätze statt wie bisher 80 Stellplätze für das SZL Brunsbüttel beantragt.

Im Laufe des Genehmigungsverfahrens musste das BfE eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) mit Öffentlichkeitsbeteiligung durchführen. Die Einwendungen wurden in einem Erörterungstermin am 14. und 15. Juni 2017 mit dem Antragsteller und den zuständigen Behörden diskutiert. Die Einwendungen werden im weiteren Genehmigungsverfahren berücksichtigt.

Neben der Kernkraftwerk Brunsbüttel GmbH & Co. oHG (KKB) ist im Januar 2019 die Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH (BGZ) dem Neugenehmigungsverfahren beigetreten. Anstelle eines Übergangs des Zwischenlagers auf die BGZ im Sinne des Entsorgungsübergangsgesetzes zum 01. Januar 2019, sieht das Entsorgungsübergangsgesetz den Beitritt der BGZ zu dem vom Betreiber des Zwischenlagers Brunsbüttel geführten Genehmigungsverfahren vor. Dem gesetzgeberischen Auftrag entsprechend wird die BGZ durch den Beitritt zum Genehmigungsverfahren sicherstellen, dass nach Genehmigungserteilung alle sicherheitstechnischen Anforderungen im Rahmen der späteren Betriebsführung erfüllt werden.

Laut BfE (2019a) lässt sich zur Dauer des Genehmigungsverfahrens keine Angabe machen. Sie hängt maßgeblich davon ab, ob die Antragsunterlagen vollständig und in der erforderlichen Qualität vorliegen. Bestandteil des Neugenehmigungsverfahrens sind auch die Inhalte aller bis zum 8. Januar 2015 beantragten und/oder erteilten Änderungsgenehmigungen.

Zur Erfüllung der Genehmigungsvoraussetzungen hat der Antragsteller nachzuweisen, dass bei möglichen Störfällen der erforderliche Schutz gewährleistet ist. Dabei sind alle in Frage kommenden Ereignisse zu betrachten. Dazu gehören Ereignisse, die aus dem Lagerbetrieb selbst resultieren können als auch solche, die von Außen wirken wie beispielsweise Hochwasser, Unwetter oder Unfälle aus benachbarten Anlagen. Der Antragsteller untersucht dabei auch Einwirkungen, die sich durch absehbare Entwicklungen am Standort neu ergeben können. Für das SZL Brunsbüttel ist folglich auch die derzeit geplante Anlage zum Umschlag und zur Lagerung von kälteverflüssigtem Erdgas (LNG-Terminal) zu berücksichtigen. Das BfE hat die Antragstellerin im atomrechtlichen Verfahren mit Schreiben vom 14.12.2018 aufgefordert entsprechende Nachweise vorzulegen. (BfE 2019a)

Bewertung

Auch nach Aufhebung der Genehmigung aufgrund begründeter Zweifel an den Sicherheitsnachweisen werden die Behälter weiter im Zwischenlager aufbewahrt. Zusätzlich wurden auch weitere Behälter eingelagert bzw. „bereitgestellt“. Rechtsanwalt Wollenteit hat in einem Gutachten im Auftrag von Greenpeace dieses Vorgehen als nicht rechtmäßig erklärt. (WOLLENTEIT 2017)

Sinn des UVP-Verfahrens im Rahmen der Neugenehmigung ist, dass die betroffene Öffentlichkeit die Möglichkeit erhält, sich über das Vorhaben zu informieren und gegebenenfalls Einwendungen zu erheben. Gegen den Antrag von Vattenfall, eine neue Genehmigung für das Zwischenlager zu erhalten,

haben u. a. die BUND-Landesverbände in Schleswig-Holstein und Hamburg umfangreiche Einwendungen erhoben.

Aber gerade zu den Themen (gezielter Flugzeugabsturz und Behälter-Beschuss mit panzerbrechender Waffe), die Ausschlag für die Aufhebung der Genehmigung gaben, wurden in den ausgelegten Unterlagen keine Informationen gegeben. Die Bevölkerung muss der Behörde trauen, die – wie sich im Klageverfahren herausgestellt hat – schon bei der ursprünglichen Genehmigung fehlerhaft ermittelt und bewertet hat. (siehe auch Kapitel 5)

6.4 Problem: Lagerung des waffenfähigen Materials aus dem FRM II im TBL Ahaus

Das Transportbehälterlager Ahaus (TBL-A) ist seit 1997 in Betrieb. Seit 1998 lagern dort sechs Behälter mit abgebrannten Brennelementen aus den Atomkraftwerken Neckarwestheim (3 CASTOR V/19) und Gundremmingen (3 CASTOR V/52). Darüber hinaus stehen dort 305 Behälter mit 617.606 THTR/AVR-Brennelementen und 18 CASTOR MTR2 Behälter mit Forschungsreaktor-Brennelementen aus Rossendorf. Von den 420 genehmigten Stellplätzen sind bisher 68 belegt. Bei der Lagerbelegung ist zu beachten, dass 6-7 THTR-Behälter den Stellplatz eines Lagerbehälters einnehmen. Es ist vorgesehen, das TBL Ahaus künftig für die Aufbewahrung weiterer Brennelemente aus Forschungsreaktoren zu nutzen.

Der erste Antrag für die Einlagerung der abgebrannten Brennelemente des Forschungsreaktors München FRM II in Behältern von Typ CASTOR MTR2 wurde 1995 gestellt. Er wurde jedoch zurückgezogen, da die GNS einen speziellen Transportbehälter vom Typ MTR3 konstruieren musste. Der CASTOR MTR3 unterscheidet sich vom CASTOR MTR2 hauptsächlich durch Anpassungen auf der Grundlage der heute aktuellen verkehrsrechtlichen Sicherheitsvorschriften. Diese betreffen das Deckel- und Dichtsystem sowie die Stoßdämpfer. Das BfE hat am 17. Januar 2019 die verkehrsrechtliche Zulassung für den CASTOR MTR3 erteilt. (DBT 2019a)

Am 30. September 2014 beantragte die GNS die Wiederaufnahme des atomrechtlichen Genehmigungsverfahrens für die Einlagerung der abgebrannten Brennelemente des FRM II. In dem Genehmigungsverfahren wurden die sicherheits- und sicherungstechnischen Unterlagen von der Antragstellerin weitestgehend eingereicht. Die sicherheitstechnische Prüfung der darin enthaltenen Nachweisführung läuft.

Es wird erwartet, dass ab Mitte 2020 bis 2036 ca. 21 CASTOR-Behälter mit Brennelementen aus dem FRM II nach Ahaus transportiert werden. Vom Betreiber wurden insgesamt acht Behälter vom Typ CASTOR MTR3 bestellt. Es sollten jeweils zwei Behälter in den Kalenderjahren 2019, 2021, 2022 und 2023 geliefert werden. (DBT2019b)

Für die Beschaffung und Bereitstellung des Spezialfahrzeugs für den Transport bestrahlter Brennelemente des FRM II belaufen sich die Kosten nach Angaben des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz auf 1,555 Mio. Euro. Die Kosten trägt die Technische Universität München (TUM). Eigentümer ist die Firma Daher Nuclear Technologies GmbH. (DBT 2019a)

Zusätzliche Safeguard-Maßnahmen von der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) bzw. der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) werden in Ahaus mit Blick auf die Einlagerung der hochangereicherten waffenfähigen Brennelemente nicht erforderlich, erklärt die Bundesregierung. Bei den abgebrannten FRM II Brennelementen handelt es sich nicht um direkt nutzbares, waffenfähiges

Material. Um das in den bestrahlten Brennelementen enthaltene hochangereicherte Uran (highly enriched uranium – HEU) missbräuchlich zu verwenden, müssten die Brennelemente zunächst aufgearbeitet werden, d. h. das Uran mit Hilfe von physikalisch-chemischen Trennverfahren zurückgewonnen werden. Deutschland verfügt nicht über eine entsprechende Anlage zur Wiederaufarbeitung. Die IAEA hat Deutschland seit 2009 mit der sogenannten Broader Conclusion jährlich bescheinigt, dass Deutschland die Verpflichtungen entsprechend des Nuklearen Nichtverbreitungsvertrags (NVV) einhält, kerntechnische Anlagen und Kernmaterial ausschließlich für friedliche Zwecke zu nutzen. Teil der „Broader Conclusion“ ist auch die Feststellung, dass es in Deutschland keinerlei Hinweise auf nicht-deklarierte Aktivitäten wie z. B. eine geheime Wiederaufarbeitungsanlage gibt. Zusätzliche Safeguard-Maßnahmen von Euratom/IAEO werden somit in Ahaus mit Blick auf die Einlagerung der FRM II Brennelemente nicht erforderlich. (DBT 2018b)

Die Bundesregierung erklärt, es ist weder geplant noch erforderlich, die hochangereicherten Brennelemente vor einer weiteren Zwischenlagerung abzureichern. Laut Bundesregierung erfolgt die nukleare Sicherung gemäß dem gültigen Regelwerk gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD). Dieses SEWD-Regelwerk umfasst auch Maßnahmen zur Sicherung hochangereicherter Uranbrennelemente. Auf Details kann nicht eingegangen werden, um die Wirksamkeit der Maßnahmen nicht zu beeinträchtigen. (DBT 2018b)

Gemäß den Nebenbestimmungen 5.6. bis 5.8 der dritten Teilgenehmigung des FRM II sind vor einer möglichen Beladung des CASTOR MTR3 die nachfolgenden Anforderungen zu erfüllen:

- Spätestens sechs Monate vor dem erstmaligen Einsatz des Transportbehälters im FRM II ist der Behörde und dem Sachverständigen gemäß § 20 AtG ein Arbeits- und Schrittfolgeplan für die Handhabung, Beladung und Abfertigung des CASTOR MTR3 vorzulegen, in dem insbesondere auch alle notwendigen Schutz- und Kontrollmaßnahmen zur Einhaltung gefahrgutrechtlicher Grenzwerte festgelegt sind.
- Spätestens sechs Monate vor dem erstmaligen Einbringen des neuen Brennelement-Transportbehältertyps für bestrahlte Brennelemente in das Reaktorgebäude ist die sicherheitstechnische Eignung einschließlich der Eignung seiner Lastanschlagpunkte sowie der zugehörigen Hebegeschirre und Handhabungseinrichtungen nachzuweisen.
- Spätestens sechs Monate vor dem erstmaligen Einsatz eines Transportbehältertyps für bestrahlte Brennelemente in der Anlage sind der Behörde und dem Sachverständigen gemäß § 20 AtG entsprechende Unterlagen zu den zum Einsatz kommenden Dekontaminationseinrichtungen und Dekontaminationsverfahren vorzulegen.
- Spätestens sechs Monate vor dem erstmaligen Beladen des CASTOR MTR3 sind die vorgesehenen Maßnahmen zur Handhabung und Lagerung zurückgenommener Behälter im Betriebshandbuch festzulegen und der revidierte Teil des Betriebshandbuchs der Behörde und dem Sachverständigen gemäß § 20 AtG vorzulegen.

Bewertung

Die abgebrannten Brennelemente des FRM II lagern bisher in einem Nasslager, Zwischenlager am Standort existiert nicht. Sie enthalten 87,5% angereichertes und damit waffenfähiges Uran. Ein

CASTOR MTR3 kann fünf Brennelemente aufnehmen und damit ausreichend spaltbares Material, um mindestens eine Uran-Atombombe herstellen zu können.

Ab einer Anreicherung von mehr als 20 Prozent gilt Uran als hoch angereichert und waffentauglich. Die Verwendung dieses Brennstoffs widerspricht dem internationalen Programm zur Umstellung von Forschungsreaktoren auf niedrig angereichertes Uran. Vor Inbetriebnahme hat die Reaktorsicherheitskommission (RSK) 2001 die Abreicherung dieser Abfälle empfohlen. Die Empfehlung der RSK ging in die 3. Teilerrichtungsgenehmigung des FRM II ein. Die Technische Universität München ist laut Betriebsgenehmigung nach § 9a Abs. 1a AtG verpflichtet, ein Konditionierungsverfahren zu entwickeln. (DBT 2019a)

Über 70 Anti-Atom-Initiativen und -Verbände, die sich als „fachlich-politisches, parteiunabhängiges Forum für Betroffene und Akteure von den Standorten, an denen Atommüll liegt oder an denen die Lagerung vorgesehen ist“ zur Atommüllkonferenz zusammengeschlossen haben, fordern in einem Positionspapier vom November 2018 daher: „Schließung des FRM II wegen wiederholter Nichterfüllung der Genehmigungsaufgaben. Errichtung eines Standort-Zwischenlagers und Entwicklung von Technologien zur Abreicherung des Urans in Garching.“ (DBT 2019a)

Die Schlussfolgerung einer aktuellen Studie, die im Auftrag des Nationalen Begleitgremiums (NBG) erstellt wurde, lautet: „Aufgrund des relativ geringen Gewichts dieser CASTOREN und der nicht vorhandenen Strahlenbarriere des CASTORs selbst müssen die abgebrannten FRM II Brennelemente im Zwischenlager als proliferationsgefährdet eingestuft werden“. Zur Minderung dieser Risiken wird die Abreicherung oder die Vermischung mit Natururan vorgeschlagen. Weitere sicherheitsrelevante Kriterien wie Rekritikalität und Flugzeugabsturz werden betrachtet. Die Studie stellt fest: „Der physische Schutz von Zwischenlagern entspricht, ... nicht demjenigen für die Lagerung von Waffenmaterial. Unter der Voraussetzung, dass Angreiferinnen und Angreifer das Zwischenlager betreten und wieder verlassen können, sind Diebstahlsszenarien möglich. Ein Abtransport eines ca. 50 kg schweren Brennelements wäre vergleichsweise einfach. Daher ist das Risiko eines Diebstahls eines Brennelements des FRM II aus dem Zwischenlager als nicht ausgeschlossen und damit proliferationsrelevant einzustufen.“(ISR 2017)

Obwohl die Studie zu dem Ergebnis kommt, dass vor der weiteren Zwischenlagerung dieser hoch radioaktiven Abfälle aus Gründen des Terrorschutzes und der Proliferationssicherheit eine Abreicherung des Urans erfolgen muss, widerspricht die Bundesregierung mit Verweis auf den Nachweis der Unterkritikalität. Auf die Risiken von Diebstahl und die Folgen eines Anschlages beim Transport oder der weiteren Zwischenlagerung dieser hoch angereicherten Brennelemente geht die Bundesregierung in ihrer Antwort nicht ein. Zudem weist das 2017 vom Nationalen Begleitgremium (NBG) in Auftrag gegebene Gutachten zum FRM II darauf hin, dass diese radioaktiven Abfälle derzeit nicht endlagerfähig sind. (DBT 2019a)

Die bestrahlten Brennelemente des FRM II, die noch immer waffenfähig sind, sollen nun über Jahrzehnte in einem relativ schlecht geschützten Zwischenlager in Ahaus lagern, dessen Betriebsgenehmigung zudem bereits 2036 und damit deutlich vor der geplanten Inbetriebnahme des geologischen Tiefenlagers endet. Diese Vorgehensweise ist unter Risikogesichtspunkten unverträglich. Da ein betriebsbereites Endlager voraussichtlich frühestens gegen Ende dieses

Jahrhunderts zur Verfügung stehen wird, ist diese risikoreiche Zwischenlagerung noch Jahrzehnte lang erforderlich.

7 (Unnötige) Transporte

Überführung der Behälter von Zwischenlagerstandorten zum Endlagerstandort

In Zukunft sind knapp 1.400 Behälter vom Typ B mit bestrahlten Brennelementen und Wiederaufarbeitungsabfällen und ggf. einige 100 mit bestrahlten Brennelementen aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren von den Zwischenlagerstandorten zum Endlagerstandort zu transportieren (ÖKO-INSTITUT & GRS 2015a).

Bei einem Transport mit der Eisenbahn können gleichzeitig mehrere Behälter, bei einem Transport mit dem LKW nur jeweils ein Behälter befördert werden. Die Transporte sollen, zumindest auf längeren Strecken, überwiegend mit der Eisenbahn durchgeführt werden. Insgesamt handelt es sich um eine sehr große Zahl von erforderlichen Transporten. Mögliche Umweltauswirkungen werden im Umweltbericht durch Direktstrahlung beim unfallfreien Transport und durch Direktstrahlung sowie Freisetzungen nach Transportunfällen gesehen. (ÖKO-INSTITUT & GRS 2015a)

Transporte zur Rückholung der Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

Bestrahlte Brennelemente dürfen laut Atomgesetz seit 2005 nicht mehr zur Wiederaufarbeitung ins Ausland verbracht werden. Insofern werden derartige Transporte nicht mehr durchgeführt. Jedoch müssen die Abfälle aus der Wiederaufarbeitung rückgeführt werden. Einige Transporte mit der Rückführung der hoch- und mittel-radioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung nach Deutschland stehen noch aus. (siehe Kapitel 6.1)

Die Landesregierung Baden-Württemberg erklärt, dass der Transport von abgebrannten Brennelementen und die Rückführung der radioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung im Ausland in der Vergangenheit auf erheblichen Widerstand durch Blockaden, Behinderungen und Sabotagen stießen. Rücktransporte von radioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung müssen daher auch weiterhin mit einem erheblichen Aufwand von Bundes- und Landespolizei gesichert werden. (BW 2019a)

Transporte vom AKW Obrigheim zum SZL Neckarwestheim

Das Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE) hat am 16.05.2017 die Beförderung von 15 Behältern aus dem AKW Obrigheim in das SZL Neckarwestheim genehmigt.⁴⁵ Den Antrag auf Beförderung hatte die Firma DAHER im Auftrag der EnBW Kernkraft GmbH am 27.03.2014 gestellt.

⁴⁵ Für den Standort Obrigheim wurde zwar am 22.04.2005 der Bau eines Standortzwischenlagers (SZL) für 15 Behälter mit insgesamt 342 bestrahlten Brennelementen aus dem stillgelegten AKW Obrigheim beantragt. Die EnBW Kernkraft GmbH (EnKK) stellte am 10.12.2013 aber auch einen Antrag zur Aufbewahrung dieser Brennelemente im SZL Neckarwestheim. Eine entsprechende Genehmigung nach § 6 AtG wurde am 09.08.2016 erteilt. (BfS 2016b) Das SZL Neckarwestheim verfügt über 151 Stellplätze für Behälter. Insgesamt werden rund 125 Plätze für die Zwischenlagerung der Brennelemente aus den beiden Reaktoren des AKW Neckarwestheim benötigt. Die Unterbringung der 15 Castoren aus dem AKW Obrigheim ist also möglich.

Gestattet wurden maximal acht Transporte mit einem Binnenschiff über den Neckar. Bei den Transporten werden Behälter vom Typ CASTOR 440/84 mvK eingesetzt. (BfE 2017a)

Bei der Genehmigung handelt es sich um eine sogenannte gebundene Entscheidung nach §4 AtG. Das heißt: Wenn alle gesetzlich vorgeschriebenen Anforderungen erfüllt sind, besteht ein Rechtsanspruch auf Genehmigung. Dies beinhaltet unter anderem den Nachweis, dass die Transporte ausreichend gegen Einwirkungen Dritter, wie zum Beispiel Terror- und Sabotageakte, geschützt sind. (BfE 2017a)

Die Überführung der Behälter zum SZL Neckarwestheim erfolgte in fünf einzelnen Schiffstransporten mit jeweils drei Behältern. Der erste Transport fand am 28. Juni 2017 statt, begleitet durch zahlreiche Proteste. Die Gemeinde Neckarwestheim beabsichtigte über den Rechtsweg weitere derartige Transporte zu verhindern. (SWR 2017) Auch wenn in dem Verfahren Teilerfolge erzielt wurden, fanden alle weiteren Transporte statt. Die 15 Castor-Behälter mit abgebrannten Brennelementen wurden zwischen dem 28. Juni 2017 und dem 19. Dezember 2017 in fünf Transporten mit jeweils drei Castor-Behältern auf dem Neckar zum Zwischenlager Neckarwestheim befördert. (BW 2019a)

Transporte von bestrahlten Brennelementen aus Nicht-Leistungsreaktoren

Am 26. Juni 2017 wurden letztmalig 33 bestrahlte Brennelemente aus dem **Berliner Forschungsreaktor BER II** mit niedrigangereichertem Uran (LEU) in die Vereinigten Staaten von Amerika transportiert. Das zugrundeliegende Abkommen gilt für Brennelemente, die bis Mai 2016 bestrahlt wurden. (BMU 2018a) Der Transport mit niedrig angereichertem Uran (LEU) erfolgte vom Hafen Nordenham auf dem Seeweg in die USA. Die erforderliche Transportgenehmigung wurde vom BfE noch vor Inkrafttreten des neuen Standortauswahlgesetzes erteilt. Nach neuer Rechtslage (seit dem 16. Mai 2017) ist eine Ausfuhr abgebrannter Brennelemente untersagt und nur noch in schwerwiegenden Ausnahmefällen für hoch radioaktiven Abfall aus Forschungsreaktoren möglich. Die jetzt erfolgte Rückführung bestrahlter Brennelemente aus einem Forschungsreaktor entspricht einem Abkommen mit den USA zur Nichtverbreitung von waffenfähigem Uran.⁴⁶ (BMUB 2017a) Es ist geplant die bestrahlten Brennelemente zukünftig in das TBL Ahaus zu transportieren.

Der erste Transport **abgebrannter Brennelemente des FRM II in das TBL Ahaus** war für die zweite Jahreshälfte 2018 vorgesehen. Bis Ende 2036 sollten ca. 17 Transporte (pro Transport maximal fünf abgebrannte Brennelemente) erfolgen. (LT B 2015a) Die Behälter des Typs CASTOR MTR3 mussten noch entwickelt werden. Das Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE) hat am 17. Januar 2019 die verkehrsrechtliche Zulassung des Transport- und Lagerbehälters CASTOR MTR3 erteilt. Der Behälter ist von der Gesellschaft für Nuklear-Service mbH (GNS) speziell für abgebrannte Brennelemente aus Forschungsreaktoren entwickelt worden. (GNS 2019a)

Forschung zur Transportsicherheit

Der Transport nach verlängerter Zwischenlagerung steht in enger Verbindung zu Untersuchungsvorhaben „Sicherheit der Zwischenlagerung“. Fragen der Transportsicherheit sind als wichtige Randbedingung der Entsorgung konsequent mit zu betrachten. Drei Fragen sind aus Sicht des

⁴⁶ Das Abkommen gilt für Brennelemente, die bis Mai 2016 bestrahlt wurden. Die Rückführung ist mit einem vollständigen Eigentumsübergang verbunden, d.h. es besteht keine Verpflichtung zur Rücknahme von radioaktiven Abfällen.

BfE in Zusammenhang mit dem Transport wichtig: die Bewertung der Wirksamkeit der Vorschriften, die Bewertung von Methoden zur Bestimmung von Dosisleistung und Kritikalitätssicherheit.

Aus Sicht der BfE ist die Entwicklung von generischen Rechenmodellen zur Bestimmung der radiologischen Auswirkungen von SEWD Ereignissen erforderlich. Abhängig von dem Tatmittel und der konkreten Transportkonfiguration sind aber auch komplexe numerische Berechnungen erforderlich, da generische Berechnungen entweder zu wenig die tatsächlichen physikalischen Vorgänge abbilden oder aufgrund ihres einfachen Ansatzes zu viele Konservativitäten beinhalten. (BfE 2019c)

Bewertung

Das Konzept der Bundesrepublik Deutschland sieht vor, die abgebrannten Brennelemente an den Standorten der Atomkraftwerke zwischenzulagern, bis sie endlagergerecht konditioniert und endgelagert werden. So sollen Transporte vermieden werden. Dieses aus sicherheitstechnischen Gründen grundsätzlich richtige Konzept sollte aber nur dann weiter beibehalten werden, wenn erhebliche Nachrüstungen oder Neubauten erfolgen, damit die langfristigen Zwischenlager so risikoarm wie möglich betrieben werden können. Die dennoch notwendigen Transporte sollten unter geeigneten konstruktiven Sicherungsmaßnahmen erfolgen.

Insgesamt sind mindestens 150 Transporte von Zwischenlagern zu dem Standort des geologischen Tiefenlagers zu erwarten. Daher sollten diese erst erfolgen, wenn das geologische Tiefenlager sicher in Betrieb genommen wird. Verfrühte Transporte zu einem vermeintlichen Eingangslager können eine ganze Reihe unnötiger Transporte zur Folge haben.

Ein Integritätsverlust eines Behälters während des Transports durch einen Unfall oder einen Terrorangriff würde massive Strahlendosen in der Umgebung verursachen. In einer Studie (INTAC 1996) wurde nach einem schweren Unfall beim Transport von verglasten, hoch-radioaktiven Abfällen eine Überschreitung des Störfallplanungswertes der Strahlenschutzverordnung von 50 mSv noch in 15 km Entfernung vom Unfallort und aufgrund der Strahlenbelastungen die Notwendigkeit der Umsiedlung der BewohnerInnen für ein Gebiet bis in ca. 5 km Entfernung ermittelt. In dieser Studie wurde deterministisch vorgegangen, d.h. die Eintrittswahrscheinlichkeit wurde nicht berücksichtigt, sondern stattdessen unter Berücksichtigung der natur- und ingenieurwissenschaftlichen Möglichkeiten ein Szenario für den maximal glaubhaften Unfall entwickelt. Die Ergebnisse zeigen, dass der Grenzwert bei sehr schweren Unfällen durchaus auch in größeren Entfernungen überschritten werden kann.

Exemplarisch für einen Terrorangriff auf Behälter während des Transports sollen hier die möglichen Folgen eines relativ einfach auszuführenden Terroranschlags, der Beschuss mit einer tragbaren panzerbrechenden Waffe, genannt werden. Für den Beschuss eines mit bestrahlten Brennelementen beladenen Transport- und Lagerbehälters vom Typ CASTOR mit einer panzerbrechenden Waffe wurde in einer Studie der Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit mbH eine Strahlenbelastung von 300 mSv in 500 m Entfernung ermittelt (GRS 2003). Für ein ähnliches Szenario mit zusätzlicher Berücksichtigung eines Zircaloy-Brandes im Behälter wurde in einer weiteren Studie die Notwendigkeit der Umsiedlung der Bevölkerung für ein Gebiet bis in ca. 5 km Entfernung ermittelt (GÖK/UIM 2004).

Die Entladung der Brennelemente aus dem Nasslager in Obrigheim in Transport- und Lagerbehälter und der Transport in das SZL Neckarwestheim trägt zur Verminderung des Unfallrisikos am Standort

Obrigheim bei. Solange allerdings die Transporte unter nicht ausreichenden Sicherungsmaßnahmen durchgeführt werden, wird insgesamt das Risiko für die Bevölkerung nicht gemindert.

Für die Transporte der Behälter von Obrigheim nach Neckarwestheim im Jahr 2017 wurde im Vorfeld ermittelt, welche möglichen Strahlenbelastungen bei dem Beschuss mit einer panzerbrechenden Waffe resultieren würden. Für die Ermittlung der Strahlenbelastungen wurde von der GRS erneut die als zu geringe Freisetzungsmenge aus dem Behälter in Höhe von einem Gramm unterstellt. Sie wurde, wie bereits im Urteil zur Aufhebung der Genehmigung für das SZL Brunsbüttel dargelegt, fehlerhaft ermittelt.

Aber selbst mit dieser zu geringen Freisetzungsmenge würde durch einen Hohlladungsbeschuss in der Umgebung der transportierten Behälter eine erhebliche Strahlenbelastung für die Bevölkerung resultieren. Ohne zusätzlichen Schutz wären die radiologischen Auswirkungen nach einem potenziellen Beschuss oberhalb der zulässigen Inhalationsdosis. Daher werden die Behälter mit einer Einhausung transportiert.

Bei einem Beschuss sollen sich die Lamellenfenster der Einhausung automatisch schließen, so dass die radioaktiven Stoffe nur durch das Einschussloch freigesetzt werden können und nur ein Teil der durch den HL-Beschuss aus dem Behälter freigesetzten radioaktiven Stoffe in die Atmosphäre freigesetzt werden kann. Die Höhe der Freisetzung soll ca. 1 % der nach einem HL-Beschuss aus dem Behälter freigesetzten Stoffe betragen.

Es ist allerdings nicht plausibel, dass der automatische Verschluss der Lamellen tatsächlich schnell genug erfolgen kann, um eine Freisetzung derart wirkungsvoll und zuverlässig zu begrenzen. Die Freisetzung der radioaktiven Stoffe nach dem Hohlladungsbeschuss erfolgt extrem schnell (im Milli-Sekunden-Bereich). Ein Hohlladungstachel bewegt sich mit 8000 Metern in einer Sekunde. Es ist nicht vorstellbar und wird auch technisch nicht näher erläutert, wie sich die Lamellen so schnell schließen sollen. Das Auslösen sowie insbesondere das dichte Schließen der Lamellen innerhalb eines Zeitraums von weniger als einer Sekunde ist technisch nicht vorstellbar. Insofern würden die radioaktiven Partikel nach einem HL-Beschuss freigesetzt bevor die Lamellen vollständig dicht schließen.

Die Auslösung des Schließmechanismus im Bereich von etwa 15 Milli-Sekunden ist zwar möglich, eine derart schnelle Auslösung wird z. B. bei Airbags angewendet. Das mechanische Schließen der Lamellen unter einer Sekunde ist aber technisch eine Herausforderung. Dabei macht insbesondere das schnelle und dichte Schließen der Lamellen Schwierigkeiten, denn die Lamellen könnten bei einem schnellen Aufprall auf das Wandmaterial zurückprellen. Insofern ist ein relativ „langsames“ Schließen technisch erforderlich, wenn ein vollständiges und dichtes Schließen beabsichtigt wird.

Weiterhin ist zu bezweifeln, dass die Lamellen so dicht schließen, dass die sehr kleinen radioaktiven Partikel nicht mehr freigesetzt werden können. Relevant für die Höhe der radiologischen Auswirkungen ist nicht, welche Menge an radioaktiven Partikeln insgesamt, sondern welche Menge an lungengängigen Partikeln freigesetzt wird. Lungengängige Partikel haben einen Durchmesser von unter 5 Mikrometer (μm).

Annähernd die gesamte Wandfläche der Einhausung besteht aus Lamellen. Es scheint lediglich nur eine Abschätzung zu sein, dass nur 1 % der aus dem Behälter freigesetzten radioaktiven Partikel aus der Einhausung in die Umwelt freigesetzt werden. Praktische Versuche oder wissenschaftliche

Untersuchungen sind offenbar nicht erfolgt, was angesichts des Gefährdungspotenzials zwingend erforderlich gewesen wäre.

Für die genannte Abschätzung von 1 % der radioaktiven Stoffe aus dem Behälter werden zudem, wie bei wissenschaftlichen Arbeiten erforderlich, keine Fehlergrenzen angegeben, d.h. der Bereich für die möglichen Freisetzungsmengen. Dieser könnte sich aufgrund der Schwierigkeiten bzw. Unsicherheiten bei einer derartigen Abschätzung über einen großen Bereich erstrecken (z. B. 0,5 bis 60 %).

Insgesamt ist weder plausibel noch belegt, dass die Automatik die Lamellen schnell und insbesondere ausreichend dicht schließen kann. Insofern muss davon ausgegangen werden, dass die Freisetzung radioaktiver Stoffe aus der Lagerhalle eines Standort-Zwischenlagers vergleichbar mit der Freisetzung aus der Einhausung bei Transport eines Behälters ist.

Vor allem ist wenig nachvollziehbar, warum ohne vorhandenes Gesamtkonzept für die langfristige Zwischenlagerung aktuell Transporte erfolgen. So kann nicht ausgeschlossen werden, dass die hoch-radioaktiven Stoffe häufiger und über größere Strecken als erforderlich transportiert werden müssen.

Das gilt auch und insbesondere für die Transporte aus Nicht-Leistungsreaktoren zum TBL Ahaus. Besonders problematisch ist, dass der FRM II mit hoch angereichertem Uran (, Highly Enriched Uranium – HEU) betrieben wird und auch nach Einsatz im Reaktor mit 87,5 Prozent Anreicherung noch hoch angereichert und damit waffenfähig ist. Es kann für den Bau von Atombomben verwendet werden (Proliferationsrisiko). (siehe Kapitel 6.4)

Dezentrale Zwischenlager direkt an den Standorten der Erzeugung sind gegenüber zentralen Lagern vorzuziehen, da sie die erforderlichen Transporte von radioaktiven Stoffen und das damit verbundene Risiko minimieren. Das gilt aber nur dann, wenn die Zwischenlager ausreichend geschützt sind. Ein durch konstruktive Maßnahmen gesicherter Transport in ein besser gesichertes Lager kann insgesamt die Risiken für die Bevölkerung minimieren. In einem Abwägungsprozess sollten die Risiken von notwendigen Lagerungen und Transporten im Rahmen eines Gesamtkonzeptes für die Zwischenlagerung bewertet werden.

8 Unplausibles Eingangslager

Um die zeitliche Lücke zwischen dem Ende der Zwischenlagereignisgenehmigungen und der Inbetriebnahme des Endlagers zu schließen, sieht das NaPro die schnelle Errichtung eines großen Eingangslagers am Endlagerstandort vor. Dieses kann laut NaPro bereits nach der ersten Teilgenehmigung des Endlagers errichtet werden. Angaben zur Kapazität des geplanten Eingangslagers sind im NaPro nicht vorhanden.

Etwa 1.400 Behälter mit abgebrannten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung sowie ggf. einige hundert Behälter mit Brennelementen aus Nicht-Leistungsreaktoren müssen an den Endlagerstandort transportiert werden und könnten so gleichzeitig im Eingangslager aufbewahrt werden.

Im Umweltbericht wird angenommen, dass das Eingangslager etwa 500 Stellplätze für Behälter mit abgebrannten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung hat. Die Auslegung und Sicherheitsanforderung an das Eingangslager werden im NaPro nicht genannt. Allerdings wird im Umweltbericht in einem Analogieschluss zur Größe des Transportbehälterlagers in Ahaus und der Standortzwischenlager die Flächeninanspruchnahme ermittelt. Es wird eine Gebäudehöhe von 20 m und eine Gebäudelänge von etwa 200 m abgeschätzt (ÖKO-INSTITUT & GRS 2015a).

In der Stellungnahme zu den Einwendungen im Rahmen des UVP-Verfahrens des NaPro erklärt die Bundesregierung, dass derzeit keine konkreten Planungen zur Dimensionierung des Eingangslagers vorliegen, daher wurden im Umweltbericht Annahmen verwendet. Eine genaue Planung wird zum Zeitpunkt der Antragstellung für die Genehmigung für ein solches Eingangslager vorliegen. (BMUB 2016a)

Weiterhin wird von der Bundesregierung erklärt, dass es nicht notwendig sei, alle einzulagernden Behälter zeitgleich in dem Eingangslager unterzubringen, da der Transport zum Lager eine längere Zeitspanne benötige und schon um das Jahr 2050 ein Abfluss der hoch-radioaktiven Abfälle in das Endlager erfolgen soll. (BMUB 2016a)

Bewertung

Das NaPro lässt offen, ob alle bestrahlten Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung gleichzeitig oder nacheinander, also durchlaufend, in dem Eingangslager aufbewahrt werden sollen. Den Äußerungen der Bundesregierung zu diesem Thema ist zu entnehmen, dass noch keine konkrete Planung vorliegt. Es wird aber offenbar davon ausgegangen, dass zunächst die Behälter einiger Zwischenlager in das Eingangslager transportiert werden, und dann nach und nach die anderen Lager geräumt werden, sobald Behälter in das geologische Tiefenlager eingelagert wurden.

In der Äußerung der Bundesregierung wird aber ausgeblendet, dass eine Inbetriebnahme um das Jahr 2050 von vielen Experten für unrealistisch gehalten wird. Zudem wird die Einlagerung voraussichtlich 20-30 Jahre andauern.

Das zentrale Eingangslager kann laut NaPro bereits nach der ersten Teilgenehmigung des Endlagers errichtet werden. Mit der ersten Teilgenehmigung für das Endlager besteht jedoch weder Rechtssicherheit noch die Garantie, dass das Endlager tatsächlich in Betrieb genommen wird. Insofern

könnten, falls sich der Standort als ungeeignet für ein Endlager herausstellt, eine Vielzahl von Transporten an einen neuen Standort erforderlich sein.

Auch die Endlagerkommission wies auf mögliche Schwierigkeiten mit dem Eingangslager hin: Die Konzentration eines Großteils der hoch-radioaktiven Abfallstoffe im Eingangslager am Endlagerstandort kann die Legitimität der Standortauswahl im Nachhinein beeinträchtigen, vor allem wenn die hoch radioaktiven Abfälle länger im Eingangslager verbleiben. Wenn dieses Lager errichtet wird bevor das Endlager eine rechtskräftige Genehmigung hat, entsteht der Eindruck einer Vorentscheidung, der Zweifel an der Rechtmäßigkeit des Verfahrens auslösen kann. Wenn ein großes Eingangslager errichtet wird, könnte dies in der Diskussion vor Ort zudem als die größere Belastung im Vergleich zum Endlager wahrgenommen werden. Eine Reihe von weiteren Entwicklungen ist zudem schwer vorhersehbar, etwa die Entwicklung hinsichtlich des Schutzes vor Einwirkungen Dritter, die in den letzten Jahren eine starke Dynamik entfaltet hat. (KOMMISSION 2016a)

Die Arbeitsgemeinschaft der Standortgemeinden mit kerntechnischen Anlagen (Asketa⁴⁷) forderte, bis 2031 ein zentrales Eingangslager am Standort des geologischen Tiefenlagers zu bauen. Dort sollten die Behälter mit hoch-radioaktivem Abfall so lange stehen bleiben, bis das geologische Tiefenlager in Betrieb gehen könne. Auf diesem Weg könnten die Zwischenlager an den Atomkraftwerken früher geräumt werden, so die Vorstellung von Asketa. (STIMME 2017a) Aber es ist bisher nicht vorgesehen, alle Behälter gleichzeitig umzulagern. Das Räumen der Zwischenlager wird sich über mehrere Jahrzehnte hinziehen.

Vollkommen unklar ist, welche Zwischenlagereignisungen bis zu welchem Zeitraum verlängert werden und in welcher Reihenfolge dann die Behälter in ein Eingangslager transportiert werden sollen. Dieses Vorgehen wird noch nicht einmal für den unwahrscheinlichen Fall, dass der gesetzlich festgelegte Zeitplan eingehalten wird, im NaPro plausibel dargestellt. Wie sich dieses theoretische Konzept praktisch umsetzen lässt – insbesondere wenn es zu dem erwarteten längeren Zwischenlagerzeitraum kommt, ist vollständig unklar.

Die o.g. Angabe im Umweltbericht zeigt, dass für das Eingangslager eine ähnliche Auslegung wie für die bestehenden Lagergebäude erwartet wird. Das ist angesichts der bestehenden Terrorgefahren nicht angemessen. Die Einlagerung der radioaktiven Stoffe in das Endlager wird in jedem Fall mehrere Jahrzehnte andauern. Wenn sich tatsächlich für die Option Abtransport der Behälter in ein Eingangslager entschieden wird, sollte die Betriebszeit des Lagers anhand von konservativen Zeitannahmen festgelegt werden, da diese die anzulegenden Sicherheitsanforderungen mitbestimmt. Bei der Auswahl der Lagerkonzepte für das neu zu errichtende Eingangslager sowie im Rahmen der Erweiterung der vorhandenen Lagerkapazitäten ist der Schutz vor möglichen Terrorangriffen zu berücksichtigen.

Insgesamt sollten aber zur Minimierung von Risiken die Behälter erst dann zum Eingangslager transportiert werden, wenn ihre Konditionierung und Einlagerung absehbar bevorsteht; die Kapazität des Eingangslagers sollte entsprechend gewählt werden.

⁴⁷ Die Asketa wurde 1994 gegründet und vertritt 25 deutsche Städte und Gemeinden mit kerntechnischen Anlagen.

9 Überwachung und Strahlenschutz im Lagerbetrieb

Die Überwachung des dichten Einschlusses radioaktiver Stoffe in den Behältern, die in den Zwischenlagern aufbewahrt werden, wird mittels einer Kontrolle des Überdrucks im Sperrraum zwischen Primär- und Sekundärdeckel des Behälters realisiert. Die Druckprüfung erfolgt mit einem Druckschalter (Membrane), der bei einer Absenkung des Druckes im Sperrraum anspricht und dabei einen Stromkreiskontakt öffnet. Dies erzeugt eine Meldung des Überwachungssystems.

Der Sperrraum zwischen dem inneren Primärdeckel und dem äußeren Sekundärdeckel ist mit Helium gefüllt. Der Sperrraumdruck beträgt 0,6 MPa und liegt somit höher als der Behälterinnendruck und als der äußere Atmosphärendruck. Die Funktionsweise des Druckschalters und die beim Einbau durchzuführende Funktionsprüfung sollen sicherstellen, dass ein Nachlassen der Dichtwirkung einer der beiden Dichtbarrieren angezeigt wird. Der Druckschalter arbeitet selbstüberwachend, das heißt, er zeigt nicht nur die Unterschreitung des voreingestellten Wertes im Sperrraum des Behälters, sondern auch Defekte des Druckschalters an.

Bewertung

Für das Verhalten der Materialien, welche die Dichtheit bzw. deren Überwachung (Dichtungen, Druckschalter, Schweißnähte usw.) gewährleisten sollen, fehlen die Nachweise über die wahrscheinlich notwendige, lange Lagerzeit. Die Einhaltung der in der Kerntechnik üblichen Sicherheitsstandards würde eine diversitäre Überwachung von Freisetzungen radioaktiver Stoffe verlangen. Die bisherige Überwachung ist zusätzlich deshalb unzureichend, da sie nicht durchgehend erfolgt. Die Überwachung findet nicht statt, wenn mit den Behältern im Lagerbereich hantiert wird, eine Fehlfunktion eines Druckschalters auftritt, der Behälter im Wartungs-/Reparaturbereich steht und die Arbeiten noch nicht begonnen wurden bzw. abgeschlossen sind, die Stromversorgung unterbrochen ist oder das Drucküberwachungssystem wegen Defekt oder Störfall außer Betrieb ist.

Eine kontinuierliche Messung der Raumluft im Lagergebäude bzw. der Abluft würde ein diversitäres Element in der Überwachung des Zwischenlagers darstellen. International ist eine Überwachung der Raumluft in Zwischenlagern für abgebrannte Brennelemente mit vergleichbarem Lagerkonzept durchaus üblich. In der Schweiz ist im dortigen Zwischenlager (seit Herbst 2001 in Betrieb) eine Überwachung der Hallenatmosphäre mittels Monitor auf Aerosole stichprobenweise durchzuführen. In der Tschechischen Republik werden unter dem Dach der Lagerhalle des Zwischenlagers kontinuierlich die Volumenaktivität von Edelgasen kontrolliert und an sechs Stellen in der Nähe der Abluftöffnungen die Aerosolaktivität (u.a. Cäsium-137) registriert und wöchentlich im Labor analysiert. (UMWELTBUNDESAMT 2002)

Eine Freisetzungüberwachung mittels Messung von Raumluftaktivitäten ist in Zwischenlagern schon seit Jahren Stand der Technik. Diese sollte wegen der gebotenen Vorsorge und Nachweispflicht auch in Deutschland eingesetzt werden. Aufgrund der langen Betriebszeit der Zwischenlager ist eine vielfach geforderte kontinuierliche Messung der Raumluft im Lagergebäude bzw. der Abluft notwendig. Diese Überwachung stellt ein diversitäres und potenziell redundantes Element in der Überwachung des Zwischenlagers dar. Es käme dem berechtigten Interesse der Bevölkerung entgegen, möglichst umfassend und transparent über die Umweltauswirkungen des Zwischenlagers informiert zu werden.

In den letzten Jahren zeigt sich nach Auffassungen einiger Forschungsgruppen, dass ionisierende Strahlung bereits im Niedrigdosisbereich negative Wirkungen hat. Es wird u.a. vom BUND gefordert, dass internationale und nationale Grenzwerte im Strahlenschutz überarbeitet und gesenkt werden. **Diese Fragestellungen und die Gewährleistung eines erweiterten Strahlenschutzes der Bevölkerung müssen aufgrund der langen Betriebszeit der Zwischenlager dringend öffentlich diskutiert werden.**

10 Neubewertungsprozess des Zwischenlagerkonzepts

Die Endlagerkommission empfiehlt in ihrem Abschlussbericht eine regelmäßige Überprüfung der Belastbarkeit des aktuellen Zwischenlagerungskonzepts. Diese Überprüfung muss sich laut Endlagerkommission u.a. auf folgende Aspekte erstrecken:

- Gewährleistung der technischen Transportfähigkeit der Zwischenlager-Behälter,
- ein professionelles Alterungsmanagement und regelmäßige stichprobenartige Prüfungen des Inventarzustands,
- Möglichkeit von Behälterreparaturen und Umpacken in zentralen oder dezentralen Einrichtungen,
- die Aspekte der Anlagensicherung,
- Akzeptanz der Lagerung und Entwicklung der KKW-Standorte.

Gegebenenfalls sollten auch Aussagen dazu getroffen werden, wie lange das gegenwärtige Konzept unter diesen Gesichtspunkten noch tragfähig ist (KOMMISSION 2016a).

Aus Sicht der Endlagerkommission impliziert diese Überprüfung eine Auseinandersetzung mit den Vor- und Nachteilen einer **konsolidierten Zwischenlagerung an mehreren größeren Standorten** sowie mit einer Verbringung in ein Zwischenlager am Endlagerstandort in verschiedenen Varianten. Die Bundesregierung sollte im Rahmen der nächsten Fortschreibung des NaPro das Zwischenlagerkonzept einschließlich des geplanten Eingangslagers auf notwendige Optimierungen und Veränderungsbedarf prüfen, stellt die Endlagerkommission fest.

Von der Endlagerkommission wird auf die in den vorangegangenen Kapiteln dieser Studie benannten Probleme (fehlende „Heiße Zelle“, fehlende Gewährleistung der Integrität der Behälterinventare und Handhabbarkeit der Behälter für lange Lagerzeiträume, überdimensioniertes Eingangslager, unzureichender Terrorschutz) hingewiesen und gefordert, dass diese in einen differenzierten und ausgewogenen Neubewertungsprozess für die notwendige Zwischenlagerung einfließen. (KOMMISSION 2016a)

Die Endlagerkommission erklärt, dass es nicht Aufgabe der Kommission war, auch für die Zwischenlagerung Kriterien zu entwickeln. Angesichts der Zeitpläne und bestehender Zusammenhänge zwischen End- und Zwischenlagerung lässt sich die Thematik der notwendigen Zwischenlagerung⁴⁸ aber auch nicht ausblenden. (KOMMISSION 2016a)

⁴⁸ Die Endlagerkommission benutze die Bezeichnung „notwendige Zwischenlagerung“ in Abgrenzung zur „Langfristigen Zwischenlagerung“, die auch Entsorgungsoption sein könnte.

Für die Überprüfung des Zwischenlagerkonzepts erscheint ein kürzerer Zeitraum als jener der Endlagerkommission (z. B. 1 Jahr) sowie ein überschaubareres Format, welches aber trotzdem auch die gesellschaftlichen Implikationen mit abdeckt, ausreichend und sinnvoll, erklärt die Endlagerkommission. (KOMMISSION 2016c)

Bewertung

Insgesamt zeichnet sich international klar ab, dass in den meisten Ländern der Zeitbedarf zur Planung, Genehmigung und Errichtung eines Endlagers viel höher sein wird als ursprünglich vorgesehen. Die zeitliche Befristung der Betriebsgenehmigung für die Zwischenlagerung der hoch-radioaktiven Abfälle birgt eine politisch-gesellschaftliche Herausforderung.

Ein umfassender Dialog zum weiteren Umgang mit den hoch-radioaktiven Abfällen muss frühzeitig, das heißt vor Ablauf des Genehmigungszeitraums der Zwischenlager, zwischen Politik, Energieversorgern und Gesellschaft stattfinden. Niemand kann angesichts der weltweiten Erfahrungen bei der Endlagersuche später ernsthaft behaupten, dass die Zwischenlager in bisheriger Weise weiterbetrieben werden müssen, weil mit einem höheren Zeitbedarf oder sogar mit einem (erneuten) Scheitern der Standortsuche für ein Endlager nicht zu rechnen war. (BUDELMANN 2017)

Wenige Länder haben mit der Konzeptionierung einer *langfristigen Zwischenlagerung* bereits heute begonnen. Im Vergleich zu konventionellen Zwischenlagern, die üblicherweise für 40 bis 60 Jahre konzipiert und genehmigt sind, wird bei langfristigen Zwischenlagern ein Nutzungszeitraum von 100 bis 300 Jahren zugrunde gelegt. Aus technischer Sicht weist ein langfristiges Zwischenlager den Vorteil einer entsprechend der vorgesehenen Nutzungsdauer robusteren Konstruktion auf, die bei richtiger Planung und Ausführung auch einen geringeren Instandhaltungsaufwand mit sich bringt. (BUDELMANN 2017)

Es wird zutreffend von der Endlagerkommission erklärt, dass Endlager- und Zwischenlagerkonzept miteinander verzahnt sind. Eine risikoarme Zwischenlagerung ist eine Grundbedingung für eine erfolgreiche Endlagersuche. Aufgrund der voraussichtlichen langen Lagerzeit ergeben sich eine Reihe von zusätzlichen Anforderungen an die Zwischenlagerung. Diese betreffen nicht nur die Sicherheit und die Sicherung, sondern auch Anforderungen an das Personal (insbesondere Knowhow-Erhalt) und die Organisation (Veränderung der Betreibergesellschaften) sowie an die Akzeptanz an den Standorten.

Auch wenn der Ansatz der Endlagerkommission zur Überprüfung des Zwischenlagerkonzepts richtig ist, so grenzt es sich nicht ausreichend gegenüber dem bisher gewählten Ansatz „Durchmauscheln“ ab. **Um einen angemessenen Schutz der hoch-radioaktiven Stoffe zu gewährleisten, muss für das notwendige (neue) Zwischenlager eine Betriebsdauer aufgrund einer konservativen Schätzung angesetzt werden. Alle Implikationen, die diese lange Zwischenlagerdauer haben kann, müssen frühzeitig, d.h. jetzt, berücksichtigt werden.**

Zwei deutsche Zwischenlager besitzen seit Jahren aufgrund fehlender Sicherheitsnachweise keine gültigen Genehmigungen, sondern lagern die abgebrannten Brennelemente aufgrund aufsichtlicher Anordnungen. Es wäre fatal, aus diesen Fehlern nicht zu lernen und abzuwarten, bis eine derartige Situation erneut eintritt. Daher muss frühzeitig eine umfassende Überprüfung des gesamten Zwischenlagerkonzepts erfolgen. Vernünftig erscheint die Idee, das Zwischenlagerkonzept regelmäßig umfassend zu überprüfen, um eine Verzahnung mit dem Endlagerkonzept zu ermöglichen.

In Deutschland wäre ein transparentes Verfahren für die Entwicklung eines neuen Zwischenlagerkonzepts mit einer umfassenden Bürgerbeteiligung erforderlich. Dies wäre zudem ein wirksamer Schritt in Richtung erfolgreicher Standortauswahl für ein geologisches Tiefenlager. Momentan basiert das Zwischenlagerkonzept auf „Durchmauscheln“ bis die abgebrannten Brennelemente und hoch-radioaktiven Abfälle in ein Endlager verbracht werden können. Die Behälter sollen in den bestehenden Zwischenlagern verbleiben (dazu sollen die Genehmigungen verlängert werden) und dann in ein Eingangslager verbracht werden. Wie dieses theoretische Konzept praktisch umgesetzt wird, ist vollständig unklar. (siehe Kapitel 8)

Drei unterschiedliche Optionen für ein (neues) Zwischenlagerkonzept in Deutschland liegen auf dem Tisch:

1. Alle bestehenden Standorte für die Zwischenlagerung beizubehalten und weitere an den Standorten der Nicht -Leistungsreaktoren einzurichten.
2. An mehreren Standorten zentrale Zwischenlager einrichten.
3. Ein sehr großes Zwischenlager (Eingangslager) am vermutlichen Standort des zukünftigen Endlagers zu errichten.

Zu 1: Entscheidender Vorteil der Option 1 ist die Vermeidung von Transporten. Allerdings müssten die Zwischenlager umfangreich nachgerüstet oder wahrscheinlich sogar neu gebaut werden, um die sicherheitstechnischen Anforderungen für einen langen Lagerzeitraum und den Schutz gegen mögliche terroristische Angriffe zu erfüllen. Auch an den Standorten von Nicht-Leistungsreaktoren müssten Lager neu errichtet werden. Es ist zu vermuten, dass wirtschaftliche Überlegungen umfangreiche Nachrüstungen oder Neubauten an allen Standorten verhindern. Nachteil dieser Option könnte auch der große Bedarf an kompetentem Personal für Wartung, Inspektion und Kontrolle sein.

Zu 2: An mehreren Standorten dezentrale Zwischenlager zu betreiben, führt definitiv zu einer Vielzahl von Transporten. Insgesamt könnte aber ein Sicherheitsgewinn gegenüber der bestehenden Situation erzielt werden, wenn dann an den Standorten für langfristige Zwischenlager, deutlich verbesserte Neubauten errichtet würden. Herausforderung hierbei ist die Standortauswahl für die zentralen Zwischenlager, die dann zusätzlich zu der Standortauswahl für das Endlager stattfinden müsste. Allerdings kann in einer angemessenen Standortauswahl mit Beteiligung der Bevölkerung auch eine Chance für eine höhere Akzeptanz und Erfolgsaussichten für die erforderliche Endlagersuche liegen.

Zu 3: Theoretisch wäre mit der Option (Eingangslager) insgesamt die geringste Zahl von Transporten realisierbar. Zeitlich ist diese Option aber kritisch zu sehen. Bis zum Zeitpunkt, an dem über die Realisierung des geologischen Tiefenlagers an einem bestimmten Standort genug Sicherheit besteht, müssten die Behälter in den bestehenden Zwischenlagern verbleiben, deren Genehmigungen dann voraussichtlich sukzessive immer wieder für kurze Zeiträume verlängert werden müssten. Ein vernünftiger und realisierbarer Kompromiss zwischen den Anforderungen, die Behälter schnellst möglich aus den bestehenden Zwischenlagern zu räumen, sie aber nicht verfrüht umzulagern, ist schwer zu finden. Es besteht die Gefahr, dass die Behälter viel zu lange in nicht mehr genehmigten Zwischenlagern „bereitgestellt“ werden und/oder in ein Eingangslager transportiert werden, das nicht an dem letztendlichen Standort für ein geologisches Tiefenlager steht.

Das Standortauswahlgesetz (StandAG) ist nach langer Diskussion am 31.3.2017 in Kraft getreten. In einem vergleichenden Verfahren soll nun ein Ort für ein geologisches Tiefenlager für hoch-radioaktive Abfälle gefunden werden.⁴⁹ Das neue Standortauswahlverfahren muss sich das Vertrauen der Betroffenen erst noch verdienen. (BUND 2017a) Erforderlich für das Gewinnen des Vertrauens der Bevölkerung wäre die Partizipation bei der Konzeption und Realisierung der notwendigen Zwischenlagerung. Mit der Lagerung hoch-radioaktiver Stoffe ist immer ein Risiko verbunden. In einem Abwägungsprozess sollte entschieden werden, mit welcher der genannten Optionen (oder Kombination der Optionen) die geringsten Risiken verbunden sind.

Einige Abgeordnete brachten Ende 2018 einen entsprechenden Antrag zu mehr Partizipation bei der Zwischenlagerung hoch-radioaktiver Abfälle in den deutschen Bundestag ein. Sie erläuterten: Da die Verlängerung der Zwischenlagerung in direktem Bezug zur Endlagersuche steht, hat der Umgang damit Implikationen auf die Glaubwürdigkeit des StandAG. Zu Recht wird von kritischen Gruppen erwartet, dass die Partizipationsprozesse, die im StandAG für die Endlagersuche festgelegt wurden, zumindest teilweise auch für die Entscheidung über die weitere Zwischenlagerung angewandt werden. Über das vom BfE angebotene „Forum Zwischenlagerung“ hinaus, muss ein Partizipationsprozess zur weiteren Zwischenlagerung eingeleitet werden, der vor allem das regionale Umfeld der Zwischenlager einbezieht. Der Deutsche Bundestag und die Bundesregierung müssen zeigen, dass die Lehre aus der Befassung mit der Vergangenheit nicht nur zu einem neuen Auswahlverfahren für ein Endlager geführt hat, sondern die Partizipation betroffener BürgerInnen zentral ist. (DBT 2018c)

Ein transparentes Verfahren für die Entwicklung eines neuen Zwischenlagerkonzepts mit einer umfassenden Bürgerbeteiligung wäre ein erforderlicher und zudem ein wirksamer Schritt in Richtung einer erfolgreichen Standortauswahl für ein geologisches Tiefenlager.

⁴⁹ Das neue Standortauswahlgesetz geht auf Empfehlungen der Endlagerkommission aus dem Jahr 2016 zurück. Bereits diese Empfehlungen hatte der BUND kritisiert und ein Sondervotum abgegeben. Trotz deutlicher Verbesserungen zum bisherigen Gesetz (etwa bei der Bürgerbeteiligung oder dem Rechtsschutz) hat auch die Neuversion des Standortauswahlgesetzes aus Sicht des BUND gravierende Mängel.

11 Literatur

- AZ 2017: Aachener Zeitung: Manipulierte Sicherheitsunterlagen: 21 Fälle bekannt, 4. September 2017; <http://www.aachener-zeitung.de/lokales/region/manipulierte-sicherheitsunterlagen-21-faelle-bekannt-1.1707281>
- BACKMANN 2016: Dr. Dr. Jan Backmann, Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Schleswig-Holstein: Notwendige Zwischenlagerung - Zeit für ein neues Konzept? Vortrag auf dem Niedersächsischen Fachgespräch „Bis in alle Ewigkeit - Verlängerte Zwischenlagerzeiten? Konsequenzen für die nächsten Jahrzehnte“ 29.02.2016, <http://www.umwelt.niedersachsen.de/bis-in-alle-ewigkeit/bis-in-alle-ewigkeit9-140637.html>
- BAM 2019a: Bundesanstalt für Materialforschung (BAM): Aktueller Stand des Forschungsprojekts LaMEP (Langzeitverhalten von Metall- und Elastomerdichtungen sowie Moderatormaterialien als sicherheitsrelevante Komponenten von TLB für radioaktive Stoffe; Matthias Jaunich, Anja Kömmling, Tobias Grelle, Dietmar Wolff, Holger Völzke, BGZ Fachworkshop Zwischenlagerung, 22.-23. Oktober 2019, Berlin
- BAM 2019b: Bundesanstalt für Materialforschung (BAM): Internationale Forschung zur langfristigen trockenen Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente; Dr. Holger Völzke, BGZ - Workshop Zwischenlagerung; 22.-23. Oktober 2019, Berlin
- BASE 2020a: Bundesamt für die Sicherheit der kerntechnischen Entsorgung (BASE): Zwischenlager Brunsbüttel; 20.02.2020
- BASE 2020b: Bundesamt für die Sicherheit der kerntechnischen Entsorgung (BASE): Zwischenlager Biblis; 14.02.2020
- BECKER 2013: Stellungnahme zu möglichen Terroranschlägen auf die im Standort-Zwischenlager Brunsbüttel aufbewahrten Behälter des Typs CASTOR® V/52 im Rahmen des Klageverfahrens vor dem OVG Schleswig (AZ.: 4 KS 03/8) Oda Becker, Hannover, Juni 2013
- BFE 2016a: Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE): Zwischenlager Nord bei Lubmin (Gemeinde Rubenow); 16.09.2016. <http://www.bfe.bund.de/DE/ne/zwischenlager/zentral/nord/nord.html>
- BFE 2017a: Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE): Transporte bestrahlter Brennelemente nach Neckarwestheim genehmigt; 16.05.2017, <https://www.bfe.bund.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/BfE/DE/2017/003.html>
- BFE 2018a: Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE): Dokumentation: Fragen und Antworten aus dem „Forum Zwischenlagerung“; 2018
- BFE 2019a: Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE): Standort-Zwischenlager Brunsbüttel (Schleswig-Holstein); Stand 28.05.2019; <https://www.base.bund.de/DE/ne/zwischenlager/standorte/kkb.html>
- BFE 2019b: Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE): Forschungsbedarf zur Sicherheit der Zwischenlagerung bis zur Endlagerung, Dr. Christoph Bunzmann, Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit, Abteilungsleiter Genehmigungsverfahren Zwischenlagerung / Transporte, Fachworkshop Zwischenlagerung, BGZ mbH, Berlin, 22.10.2019
- BFE 2019c: Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit: Unsere Forschungsagenda; Stand: November 2019
- BFE 2019d: Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit: 9. Änderungsgenehmigung zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen im Standort-Zwischenlager in Biblis der BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH; GE 4–873110 vom 19. Dezember 2019
- BfS 2015d: Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Aktuelle Information zum Zwischenlager Brunsbüttel; 16.01.2015. <http://www.bfs.de/DE/themen/ne/zwischenlager/mehr-infos/brunsbuettel/brunsbuettel.html>
- BfS 2015e: Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Information zum Standort-Zwischenlager Brunsbüttel; 16.11.2015. <http://www.bfs.de/DE/themen/ne/zwischenlager/dezentral/genehmigung/kkb.html>
- BGE 2018: Bundesgesellschaft für Endlagerung: Pressemitteilung – Endlager Konrad;: Nr. 01/18 - Fertigstellung des Endlagers Konrad verzögert sich; 8. März 2018; <https://www.bge.de/de/pressemitteilungen/2018/03/pm-0118-fertigstellung-des-endlagers-konrad-verzoegert-sich/>
- BGZ 2019a: Gesellschaft für Zwischenlagerung: Rücknahme radioaktiver Abfälle aus der Wiederaufarbeitung; <https://rueckfuehrung.bgz.de/>

BGZ 2019b: Gesellschaft für Zwischenlagerung: Eröffnung Fachworkshop Zwischenlagerung, Wilhelm Graf // Technischer Geschäftsführer, BGZ Workshop – 22. & 23.10.2019 – Berlin

BMU 2018a: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU): Zweiter Bericht zur Durchführung der Richtlinie 2011/70/Euratom, (Bericht nach Artikel 14 (1) der Richtlinie 2011/70/Euratom des Rates vom 19. Juli 2011 über einen Gemeinschaftsrahmen für die verantwortungsvolle und sichere Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle), August 2018

BMU 2018b: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU). Verzeichnis radioaktiver Abfälle (Bestand zum 31. Dezember 2017 und Prognose), August 2018

BMUB 2012: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): Sicherung der Zwischenlager und Hintergründe der erforderlichen Nachrüstung; 08.02.2012;
<http://www.bmub.bund.de/themen/atomenergie-strahlenschutz/nukleare-sicherheit/zwischenlagerung/sicherung-der-zwischenlager-und-hintergruende-der-erforderlichen-nachruistung/>

BMUB 2014b: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): Gemeinsames Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle. Bericht der Bundesrepublik Deutschland für die fünfte Überprüfungskonferenz im Mai 2015. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), Referat RS III (Sonstige Angelegenheiten der nuklearen Entsorgung, nuklearen Versorgung), August 2014.

BMUB 2015a Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Entsorgungskommission bemängelt unzureichende Umsetzung ihrer Leitlinien; 15.05.2015;
<http://www.bmub.bund.de/pressemitteilung/entsorgungskommission-bemaengelt-unzureichende-umsetzung-ihrer-leitlinien/>

BMUB 2015b: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): Gemeinsame Erklärung der Bayerischen Staatsregierung und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit als Grundlage für die weiteren Gespräche, 4. Dezember 2015.

BMUB 2015e: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Verzeichnis radioaktiver Abfälle (Bestand zum 31. Dezember 2014 und Prognose). August 2015

BMUB 2015f: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Erster Bericht zur Durchführung der Richtlinie 2011/70/Euratom. (Bericht nach Artikel 14 (1) der Richtlinie 2011/70/Euratom des Rates vom 19. Juli 2011 über einen Gemeinschaftsrahmen für die verantwortungsvolle und sichere Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle) August 2015.

BMUB 2015g: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): Programm für eine verantwortungsvolle und sichere Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle (Nationales Entsorgungsprogramm). August 2015.

BMUB 2016a: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): Bewertung der eingegangenen Stellungnahmen zum Nationalen Entsorgungsprogramm und zum Umweltbericht aus dem Inland.

www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Nukleare_Sicherheit/nationales_entsorgungsprogramm_stellungnahmen_inland_bf.pdf

BMUB 2016b: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): Bekanntmachung der Beschlüsse des Länderausschusses für Atomenergie - Hauptausschuss - zum Thema „Rechtlicher Rahmen der Beurteilung des Szenarios ‚Terroristischer Flugzeugabsturz‘ durch die Exekutive“; 31.08.2016

BMUB 2017a: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): Letzte Rückführung bestrahlter Brennelemente aus dem Berliner Forschungsreaktor BER II in die USA Berlin, BMUB-Pressedienst Nr. 228/17 Atom/Transporte 28. Juni 2017

BUDEL MANN 2017: Auf dem Weg in die Endlagerung – Die Notwendigkeit der langfristigen Zwischenlagerung hoch radioaktiver Abfälle; Harald Budelmann, Maria Rosaria Di Nucci, Ana María Isidoro Losada, Dennis Köhnke, Manuel Reichardt, GAIA 26/2 (2017) S. 110 –113

BUND 2017a: Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND): Atommüll-Lagersuche startet neu – aber dem Verfahren fehlt (noch) das Vertrauen, 03. April 2017. <https://www.bund.net/aktuelles/detail-aktuelles/news/atommuell-lagersuche-startet-neu-aber-dem-verfahren-fehlt-noch-das-vertrauen/>

BUND 2017b: Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND): *Aktuelle Probleme und Gefahren bei deutschen Zwischenlagern*“; Oda Becker; Oktober 2017

BW 2017: Baden-Württemberg, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft: Manipulierte Zuverlässigkeitsüberprüfungen für kerntechnische Anlagen aus Jülich; 25.08.2017, <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/manipulierte-zuverlaessigkeitsueberpruefungen-fuer-kerntechnische-anlagen-aus-juelich/>

BW 2019a: Baden-Württemberg, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft: Bericht über die Entsorgung von radioaktiven Abfällen und abgebrannten Brennelementen aus Baden-Württemberg, Mai 2019

BW 2019b: Baden-Württemberg, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft: Informationskommission Kernkraftwerk Philippsburg, 13. Sitzung der Info-Kommission am 18. November 2019.

DBT 2015a: Deutscher Bundestag: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Sylvia Kotting-Uhl, Annalena Baerbock, Bärbel Höhn, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN (Drucksache 18/4741); Drucksache 18/4887; 12.05.2015

DBT 2015b: Deutscher Bundestag: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Hubertus Zebel, Kerstin Kassner, Karen Lay, weiterer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE. Drucksache 18/6795 Zwischenlagerung hochradioaktiver Abfälle bei den Energiewerken Nord/Lubmin – Sicherungsmaßnahmen Drucksache 18/6961; 08.12.2015

DBT 2016: Deutscher Bundestag: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Sylvia Kotting-Uhl, Oliver Krischer, Steffi Lemke, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN: Stand der Sicherungsmaßnahmen für das Zwischenlager Nord, Drucksache 18/943519.08.2016

DBT 2018a: Deutscher Bundestag: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Sylvia Kotting-Uhl, Oliver Krischer, Lisa Badum, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 19/3636 – Entstehung der Exportoption für die abgebrannten Brennelementkugeln des AVR Jülich in die USA, sogenannte US-Option; Drucksache 19/4066, 19. Wahlperiode, 29.08.2018

DBT 2018b: Deutscher Bundestag: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Hubertus Zebel, Dr. Gesine Löttsch, Simone Barrientos, weiterer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE. – Drucksache 19/2776 – Hochangereicherte abgebrannte Brennelemente des Forschungsreaktors München-Garching, Drucksache 19/3442, 19. Wahlperiode, 17.07.2018

DBT 2018c: Deutscher Bundestag: Antrag der Abgeordneten Sylvia Kotting-Uhl, Lisa Badum, Dr. Bettina Hoffmann, Steffi Lemke, Annalena Baerbock, Harald Ebner, Matthias Gastel, Stefan Gelbhaar, Oliver Krischer, Stephan Kühn (Dresden), Renate Künast, Ingrid Nestle, Friedrich Ostendorff, Markus Tressel, Dr. Julia Verlinden, Daniela Wagner und der Fraktion BÜNDNIS 90/ DIE GRÜNEN Mehr Partizipation bei der Zwischenlagerung hochradioaktiver Abfälle Drucksache 19/6127, 19. Wahlperiode, 28.11.2018

DBT 2018d: Deutscher Bundestag: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Hubertus Zebel, Dr. Gesine Löttsch, Lorenz Gösta Beutin, weiterer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE – Atommüll-Export aus Jülich in die USA, Drucksache 19/1385 19. Wahlperiode 23.03.2018

DBT 2019a: Deutscher Bundestag: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Hubertus Zebel, Dr. Gesine Löttsch, Lorenz Gösta Beutin, weiterer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE. Transporte mit atomwaffenfähigen abgebrannten Brennelementen des Forschungsreaktors München-Garching in das Zwischenlager Ahaus (NRW) Drucksache 19/9666 23.04.2019

ENTRIA 2017: Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Vertikalprojekt 7: Oberflächenlagerung; <https://www.entria.de/vertikalprojekt7.html>

ESK 2010: Entsorgungskommission (ESK) „Empfehlungen für Leitlinien zur Durchführung von periodischen Sicherheitsüberprüfungen für Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente und Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle (PÜ-ZL)“ Anlage zum Ergebnisprotokoll der 14. ESK-Sitzung am 04.11.2010

ESK 2013: Entsorgungskommission: ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente und Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle in Behältern, Empfehlung der Entsorgungskommission, Revidierte Fassung vom 10.06.2013.

ESK 2014: Entsorgungskommission „Leitlinien zur Durchführung von periodischen Sicherheitsüberprüfungen und zum technischen Alterungsmanagement zur Zwischenlagerung für bestrahlte Brennelemente und Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle“, 2014

- ESK 2015: Entsorgungskommission: Diskussionspapier zur verlängerten Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente und sonstiger Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle; Diskussionspapier der Entsorgungskommission vom 29.10.2015
- EU KOM 2002: Nukleare Sicherheit im Rahmen der Europäischen Union. Europäische Kommission, Mitteilung an den Rat und das Europäische Parlament, KOM(2002)605 endgültig, vom 06.11.2002
- EU KOM 2017: Europäische Kommission: Staatliche Beihilfen: Kommission genehmigt Errichtung eines mit 24 Mrd. EUR ausgestatteten Fonds zur Finanzierung der kerntechnischen Entsorgung in Deutschland, Pressemitteilung. Brüssel, 16. Juni 2017. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-17-1669_de.htm
- EU-RL 2011: Richtlinie 2011/70/Euratom des Rates vom 19. Juli 2011 über einen Gemeinschaftsrahmen für die verantwortungsvolle und sichere Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle. Abl Nr. L 199, S. 48-56.
- GNS 2019a: Gesellschaft für Nuklear-Service mbH: CASTOR® MTR3 erhält verkehrsrechtliche Zulassung, 24.01.2019; <https://www.gns.de/language=de/taps=30447/30451>
- GNS 2019b: Gesellschaft für Nuklear-Service mbH: Behälterspezifische Bewertung der verlängerten Zwischenlagerung und des Abtransports nach der verlängerten Zwischenlagerung aus Sicht der GNS; Roland Hüggenberg GNS; BGZ-Fachworkshop Zwischenlagerung, Berlin; 22.10.2019
- GÖK/UIM 2004: Gruppe Ökologie e.V. und Umweltinstitut München e.V.: Stellungnahme zu Flugzeugabsturz und Einwirkungen Dritter auf das Standort-Zwischenlager Gundremmingen und Berechnung der Strahlenbelastung nach Flugzeugabsturz und Einwirkungen Dritter auf das Standort-Zwischenlager Gundremmingen. Im Auftrag von Forum gemeinsam gegen das Zwischenlager und für eine verantwortungsvolle Energiepolitik e.V., Hannover/München, September 2004
- GRS 2003: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit: Pretzsch, G. und Maier, R.: German Approach to estimate potential radiological consequences following a sabotage attack against nuclear interim storage. Eurosafe 2003
- GRS 2010: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit: Sicherheitstechnische Aspekte der langfristigen Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und verglastem HAW; GRS - A – 3597, April 2010.
- GRS 2015: Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit mbH: Längerfristige Zwischenlagerung hochradioaktiver Abfälle; 30.03.2015 <http://www.grs.de/laengerfristige-zwischenlagerung>
- GRS 2019a: Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit mbH: Entsorgung abgebrannter Brennelemente aus den Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland, Ergebnisse der Länderumfrage zum Stichtag 31.12.2018, O. Bartos K. Hummelsheim E. Peters, Auftrags-Nr.: 856420, Dezember 2019
- GRS 2019b: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH: Modellierung von Brennelementen Maik Stuke, Forschungszentrum Garching, BGZ-Fachworkshop Zwischenlagerung, Berlin; 22.10.2019
- HOLTEC 2017: Holtec International: HI-STORM UMAX – Holtec International Storage Module Underground MAXimum Capacity, 2017. <https://holtecinternational.com/productsandservices/wasteandfuelmanagement/dry-cask-and-storage-transport/hi-storm/hi-storm-umax/>
- IAEA 2012: International Atomic Energy Agency: Storage of Spent Nuclear Fuel IAEA Safety Standards Series SSG-15, Vienna.
- INTAC 1996: intac GmbH: Studie zu Gefahren beim Transport von HAW-Kokillen zur Zwischenlagerung in der BRD; Wolfgang Neumann, im Auftrag von Greenpeace e.V., Hannover, 1996
- ISR 2017: Gutachterliche Stellungnahme zum Forschungsreaktor München II (FRM-II) Institut Für Sicherheits- und Risikowissenschaften der Universität für Bodenkultur (BOKU) Wien, Projektnummer 94 110; Wolfgang Liebert, Friederike Friess, Klaus Gufler, Nikolaus Arnold, im Auftrag des Nationalen Begleitgremium; Dezember 2017
- KILGER 2015: Sicherheitsaspekte bei der längerfristigen Zwischenlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle, Robert Kilger, GRS Fachgespräch 2015, 26.-27. Februar 2017, Berlin
- KOMMISSION 2015a: Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe: Bericht des BMUB zur Entsorgung bestrahlter Brennelemente aus Forschungs-, Versuchs- und Demonstrationsreaktoren, Vorgelegt in der 9. Sitzung der Arbeitsgruppe 2 am 7. September 2015

KOMMISSION 2016a: Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe: Abschlussbericht der Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe. Verantwortung für die Zukunft. Ein faires und transparentes Verfahren für die Auswahl eines nationalen Endlagerstandortes. Vorabfassung, K-Drs. 268. <https://www.bundestag.de/endlager/mediathek/dokumente>.

KOMMISSION 2016b: Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe Zeitbedarf für das Standortauswahlverfahren und für die Errichtung eines Endlagers, K-Drs. 267. Verfasser: Prof. Dr. rer. nat. Bruno Thomauske und Prof. Dr.-Ing. Wolfram Kudla, 22.06.2016

KOMMISSION 2016c: Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe: Entwurf des Berichtteils zu Teil B – Kapitel 4 (Entsorgungsoptionen und ihre Bewertung); Entwurf der AG 3 für die 20./21. Sitzung der Kommission am 21./22. Januar 2016; Bearbeitungsstand 15.01.2016; K-Drs. 160. http://www.bundestag.de/blob/402344/fc0f2eb6980227a8ab42aa74e3b81ffb/drs_160-data.pdf

KUDLA 2017: Ablauf und Zeitplan für ein Standortauswahlverfahren und die Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle, Prof. Dr.-Ing. Wolfram Kudla; 48. Jahrestagung Kerntechnik, 16.-17. Mai 2017, Berlin

LT BW 2015: Landtag von Baden-Württemberg: Kein Platz für Castoren? Weitere Entwicklungen im Zusammenhang mit der durch die Landesregierung angebotenen Zwischenlagerung zusätzlicher Castor-Behälter in Baden-Württemberg, Antrag der Abg. Ulrich Lusche u. a. CDU und Stellungnahme des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft; 15. Wahlperiode Drucksache 15 / 6443, 03. 02. 2015

LT MV 2017: Landtag Mecklenburg-Vorpommern: Sicherungsmaßnahmen am atomaren Zwischenlager Lubmin; Kleine Anfrage der Abgeordneten Dr. Mignon Schwenke, Fraktion DIE LINKE und ANTWORT der Landesregierung Drucksache 7/116. 09.01.2017

LT NW 2017: Landtag Nordrhein-Westfalen: Stand der Dinge beim Zwischenlager Jülich, Antwort der Landesregierung auf die Kleine Anfrage vom 27. Januar 2017 des Abgeordneten Hanns-Jörg Rohwedder PIRATEN Drucksache 16/14112; 16. Wahlperiode Drucksache 16/14342 01.03.2017

LT SH 2016: Landtag Schleswig-Holstein: Standortzwischenlager Brokdorf; Kleine Anfrage der Abgeordneten Angelika Beer und Dr. Patrick Breyer (PIRATEN) und Antwort der Landesregierung; Drucksache 18/3806; 18. Wahlperiode 2016-02-11

LT B 2015a: Bayerischer Landtag: Schriftliche Anfrage des Abgeordneten Benno Zierer FREIE WÄHLER, vom 12.05.2015; Abgebrannte Brennelemente des Forschungsreaktors, FRM II; 17/7172, 24.07.2015

MELUR 2016: Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein: Ministerium gibt grünes Licht zur Räumung des Reaktordruckbehälters im Kernkraftwerk Brunsbüttel – Verladung abgebrannter Brennelemente in CASTOR-Behälter hat begonnen, Datum 25.11.2016

MELUR 2017: Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein: Reaktorgebäude des Kernkraftwerks Brunsbüttel brennelementefrei, Medien-Information, 21. Juni 2017

MWEIMH 2015: Ministerium für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk des Landes Nordrhein-Westfalen: Prüfung der Plausibilität des Detailkonzepts der Forschungszentrum Jülich GmbH zur Entfernung der Kernbrennstoffe aus dem AVR-Behälterlager – Zusammenfassung; http://www.mweimh.nrw.de/presse/_container_presse/Zusf-Plausibilitaetsgutachten.pdf

NDR 2019: Pläne für atomares Zwischenlager in Lubmin, 29.05.2019, <https://www.ndr.de/nachrichten/mecklenburg-vorpommern/Plaene-fuer-atomares-Zwischenlager-in-Lubmin,lubmin604.html>

NEUMANN 2014: Wolfgang Neumann (intac GmbH): Zur Notwendigkeit von Heißen Zellen an Zwischenlagerstandorten; im Auftrag von Greenpeace e.V., Hannover, Mai 2014

NEUMANN 2020: Offener Brief an das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung zur 9. Änderungsgenehmigung zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen im Standort-Zwischenlager in Biblis der BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH; Berlin 13.02.2020

NLT 2019: Niedersächsischer Landtag: Kleine Anfrage zur schriftlichen Beantwortung gemäß § 46 Abs. 1 GO LT mit Antwort der Landesregierung;; Antwort des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz namens der Landesregierung Anfrage der Abgeordneten Miriam Staudte (GRÜNE) Castor-Lager Gorleben: Sicherheitsstandards ungenügend? 18. Wahlperiode; Drucksache 18/4211; 18.07.2019

NMU 2015a: Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz: Qualitätsfall Tragzapfenfertigung für CASTOR-Behälter: Bundesweit über 300 beladene Behälter betroffen Pressemitteilung Nr. 86/2015; 10.04.2015.

ÖKO-INSTITUT & GRS 2015a: Strategische Umweltprüfung zum Nationalen Entsorgungsprogramm. Umweltbericht für die Öffentlichkeitsbeteiligung. Der Umweltbericht wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) erstellt. Darmstadt/Köln 27.3.2015.

OVG SH 2013: Oberverwaltungsgericht Schleswig-Holstein; Urteil 4 KS 3/08, verkündet am 19. Juni 2013

STIMME 2017a Kommunen mit AKWs fordern zentrales Castor-Eingangslager, 11. Juli 2017
<http://www.stimme.de/suedwesten/nachrichten/pl/Atom-Baden-Wuerttemberg-Deutschland-Kommunen-mit-AKW-s-fordern-zentrales-Castor-Eingangslager;art19070,3879001>

SWR 2017: SWR Aktuell: Atommüll in Neckarwestheim – Gemeinde will weitere Transporte stoppen, 30.6.2017, <https://www.swr.de/swraktuell/bw/heilbronn/atommuell-schiff-neckar/-/id=1562/did=19786668/nid=1562/14nqli/index.html>

TÜV NORD 2019: Hüllrohrintegrität während der Zwischenlagerung: Ausschluss des systematischen Hüllrohrversagens über 40 Jahre und darüber hinaus; Gerold Spykman TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG, BGZ-Fachworkshop Zwischenlagerung, Berlin; 22.10.2019

UIM 2017: Umweltinstitut München: Forschungsreaktor, München FRM II; Positionspapier des Umweltinstituts München e. V. zum Forschungsreaktor Garching von Christina Hacker und Karin Wurzbacher, 01.06.2017, http://www.nationales-begleitgremium.de/SharedDocs/Downloads/DE/Positionspapier_Umweltinstitut_M%C3%BCnchen.html?nn=8556084

UMWELTBUNDESAMT 2002: Christian Baumgartner; Oda Becker, Andreas Frank; Helmut Hirsch; Jürgen Kreuzsch, Wolfgang Neumann, et al.: Grenzüberschreitende UVP gemäß Art. 7 UVP-RL zum Standortzwischenlager Biblis. Bericht an das österreichische Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sowie an die Landesregierungen von Oberösterreich und Vorarlberg. Wien, Februar 2002.
http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umwelthemen/umweltpolitische/ESPOOverfahren/Zwischenlager_Deutschland/Biblis/BerichtZwilagBiblis_oe.pdf

UMWELTBUNDESAMT 2017: Oda Becker: UVP-Verfahren Abbau KRB II Block B – Mögliche Grenzüberschreitende Auswirkungen, REP-0603, Wien 2017

WAGNER 2019: Zustandsüberwachung von Transport- und Lagerbehältern für abgebrannte Brennelemente und wärmeentwickelnde HAW bei verlängerter Zwischenlagerung – strahlungs-basierte, thermographische und akustische Messverfahren, Wagner, M. Rachamin R. et al., BGZ Fachworkshop Zwischenlagerung, 22.-23. Oktober 2019, Berlin

WOLLENTEIT 2014: Rechtsgutachten zur Zulässigkeit der Verbringung von abgebrannten Kernbrennstoffen aus dem stillgelegten Kernkraftwerk AVR Jülich in die Wiederaufarbeitungsanlage Savannah River Site (USA), U. Wollenteit; erstellt im Auftrag von Greenpeace e.V., Hamburg, 3. September 2014

WOLLENTEIT 2017: Rechtsgutachten zur Unzulässigkeit der beabsichtigten Bereitstellungslagerung von abgebrannten Brennelementen in dem ungenehmigten Zwischenlager des AKW Brunsbüttel. U. Wollenteit; erstellt im Auftrag von Greenpeace e.V., Hamburg, 06.01.2017